



**Die digitale Spiegelreflexkamera im Einsatz
bei professionellen Film- und Fernsehproduktionen
am Beispiel der Canon EOS 5D Mark II**

Bachelorarbeit von Martin Lechtschewski



Fachbereich Medien

Martin Lechtschewski

DSLR-Videografie – technische Einschränkungen, praktische Vorteile und sich daraus ergebende Anwendungen für professionelle Fernsehfilm-Produktionen am Beispiel der digitalen Spiegelreflexkamera Canon EOS 5D Mark II

- eingereicht als Bachelorarbeit -

Hochschule Mittweida – University of Applied Science

Erstprüfer

Prof. Dr.-Ing. Rainer Zschockelt

Zweitprüfer

Dipl.-Ing Rika Fleck (FH)

Paris, Dresden 2010

BIBLIOGRAFISCHE BESCHREIBUNG

Lechtschewski, Martin

DSLR-Videografie – technische Einschränkungen, praktische Vorteile und sich daraus ergebende Anwendungen für professionelle Fernsehfilm-Produktionen am Beispiel der digitalen Spiegelreflexkamera Canon EOS 5D Mark 2 – 2010 – 96 Seiten

DSLR-Cinematography – technical restrictions, practical advantages and resulting possibilities of implementation in professional tv- and film production workflows using the example of Canon EOS 5D Mark II.

Hochschule Mittweida – University of Applied Science,
Fachbereich Medien, Bachelorarbeit

REFERAT

Ziel dieser Arbeit ist es, herauszufinden, ob die digitale Spiegelreflexkamera Canon EOS 5D Mark II den Ansprüchen einer professionellen Videoproduktion genügt bzw. in welchen Anwendungen eventuelle Vorteile gegenüber anderen Videokameras liegen. Im ersten Teil der Arbeit wird dazu zunächst auf technische Spezifikationen eingegangen, um die Kamera einordnen zu können und ihre Vorzüge und ihre Grenzen aufzuzeigen. Im zweiten Teil der Arbeit wird ein möglicher Workflow mit seinen Besonderheiten vorgestellt. Dabei werden auch die möglichen Einsatzgebiete herausgearbeitet. Es erfolgt eine Kostenkalkulation der Anschaffung durch die Hochschule Mittweida. Am Ende wird ein Ausblick über die Entwicklung dieses relativ neuen Kamerasektors gegeben.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis:.....	8
Abkürzungsverzeichnis:.....	9
1. Einleitung.....	10
1.1. Thema:	10
1.2. Ziel der Arbeit:.....	12
1.3. Aufbau der Arbeit:.....	12
2. Aktuelle Codecs und Formate im HD-Bereich.....	14
2.1. Aktuelle HD-Richtlinien im Fernsbereich.....	14
2.2. Grundlagen der Datenreduktion.....	15
2.2.1 Redundanz und Irrelevanz.....	16
2.2.2. Differenzielle Puls Code-Modulation (DPCM).....	17
2.2.3 Diskrete Cosinus-Transformation (DCT).....	19
2.3. Hochauflösende Videoaufzeichnungsformate.....	21
2.3.1 DVCProHD (D12).....	21
2.3.2 MPEG4/Advanced Video Codec – H264.....	21
2.3.3 Gebräuchliche Bildauflösungen bei Film-und Fernsehproduktionen. .	23
3. Verschiedene Bildwandlertypen.....	25
3.1 Der CCD-Bildwandler.....	28
3.1.1 Frame Transfer-CCD (FT-CCD).....	28
3.1.2. Interline Transfer-CCD (IT-CCD).....	29
3.1.3 Frame Interline Transfer-CCD (FIT-CCD).....	29
3.1.4 Ausleseverfahren bei CCD-Sensoren.....	30
3.2. CMOS-Bildwandler.....	31
3.2.1 Ausleseverfahren bei CMOS-Sensoren.....	32
3.2.1.1. Rolling Shutter.....	33
3.2.1.2. Global Shutter.....	34
3.3. Die Gewinnung der Farbinformation.....	34
3.3.1. Der sRGB-Farbraum der 5D	34
3.3.2. Farbfilterung durch Prismenblock.....	35
3.3.3. Farbfilterung durch Bayer-Maske.....	36
3.3.4. Die Farbauflösung der 5D.....	38
4. Bandlose Speichermedien.....	38
4.1. P2- Karten.....	39
4.2. CF-Karten.....	39
4.3. SD-Karten.....	40

5. Aufbau der digitalen Spiegelreflexkamera.....	41
5.1. Die Lichtwege der Kamera.....	41
5.2. Die Belichtungsmessung.....	42
5.3. Der Autofokus.....	43
5.4. Live View – Die Voraussetzung für die Videofunktion.....	43
6. Alternative Kameras.....	45
6.1. Nikon (D90, D3s, D7000).....	45
6.2. Panasonic Lumix GH-2.....	46
6.3. Sony alpha 55.....	46
6.4. RED Scarlet.....	47
6.5. Panasonic AG AF-101.....	47
6.6. Canon (1D Mark 4, 7D, 60D, 550D).....	48
7. Aufbau und Funktionen der Canon EOS 5D Mark II.....	50
7.1. Die Peripherie der Kamera.....	50
7.2. Firmware-Generationen der 5D Mark 2.....	53
7.3. Die Bedienung der Kamera.....	55
8. Labortests Canon 5D Mark II.....	60
8.1. Esser Siemensstern TE 148.....	60
8.1.1. Aliasing.....	60
8.1.2. Variofokalobjektive.....	61
8.2. Esser Color Sector Testtafel TE 233.....	62
8.3. Einfluss der Bildstile an Esser Testtafel TE 234.....	62
8.4. Kontrastumfang durch Grautreppe TE 127.....	63
8.5. Rolling Shutter Effekt.....	64
8.6. Low Light.....	65
8.7. Schärfentiefe.....	65
9. Der mögliche Arbeitsablauf mit der 5D in der Praxis.....	67
9.1. Die Vorbereitung der Produktion.....	67
9.2. Die Produktion.....	68
9.2.1. Einstellungskontrolle	68
9.2.2. Stativaufnahmen.....	68
9.2.3. Die Tonaufzeichnung mit der 5D.....	69
9.2.4. Steadycam	70
9.2.5. Weiterer Support.....	71
9.2.6. Daten sichern, Akkus laden am Set.....	72
9.3. Die Postproduktion.....	73
9.3.1. Import der Daten in Final Cut Express (Mac).....	73
9.3.2. Import der Daten in Avid und Premiere (Windows).....	74
9.3.3. Der Ton im Schnitt.....	75
10. Die 5D am Set professioneller Videoproduktionen.....	76

10.1. TV-Spielfilmproduktion „Mein Land (AT)“	76
10.2. Die Dokumentation „Die Cheförzte des Charité“	77
10.3 Der Einsatz als Fotokamera.....	78
11 Notwendige Ausrüstung und entstehende Anschaffungskosten.....	81
11.1. Der Body und Rig.....	81
11.2. Optik und Filter.....	82
11.3. Das Kompendium.....	83
11.4. Follow Focus.....	84
11.5. Der Ton.....	85
11.6. Kostenkalkulation.....	85
11.6.1. Variante 1 - Umfangreiche Ausstattung.....	86
11.6.2. Variante 2 - Grundausrüstung.....	88
12. Zusammenfassung.....	91
Selbstständigkeitserklärung.....	93
Literaturverzeichnis.....	94

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Veranschaulichung einer Bildkompression	Seite 19
Abb. 2: Verschiedene Arten von Group of Pictures	Seite 21
Abb. 3: Beispiele für DCTs	Seite 22
Abb. 4: Group of Video-Object-Planes	Seite 26
Abb. 5: Vergleich verschiedener Videoformate	Seite 25
Abb. 6: Sensorgrößen im Vergleich	Seite 29
Abb. 7: Schärfentiefe von 5D und HVX im Vergleich	Seite 27
Abb. 8: Kontrastaufnahme des menschl. Auges und eines CMOS-Bildwandlers	Seite 32
Abb. 9: Rolling Shutter / Global Shutter bei Schwenk	Seite 33
Abb. 10: Dreidimensionaler Farbraum	Seite 35
Abb. 11: Farbfilterung durch Strahlteilung	Seite 38
Abb. 12: Schema einer Bayer-Maske	Seite 37
Abb. 13: Schema von voller Farbabtastung und Farbunterabtastung	Seite 38
Abb. 14: Live View -Modi bei Olympus	Seite 47
Abb. 15: Vorderansicht Kamerabody der Canon EOS 5D Mark II	Seite 50
Abb. 16: Blockschaltbild der 5D Mark II	Seite 51
Abb. 17: Helligkeitsverteilung eines Beispielbildes	Seite 58
Abb. 18: Aliasing und Moiré im Zentrum des Siemenssterns	Seite 61
Abb. 19: Rolling Shutter bei schnellem Schwenk	Seite 65
Abb. 20: Möglichkeiten von Fahrtaufnahmen	Seite 77
Abb. 21: Schematischer Aufbau für Bullet-Time-Aufnahme	Seite 79
Abb. 22: DSLR mit LCD-Viewfinder, externem Mikrofon und Schulterstütze	Seite 82

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Vergleich verschiedener Videoformate	Seite 24
Tabelle 2: Schärfentiefe der 5D (berechnet)	Seite 27
Tabelle 3: Schärfentiefe der HVX (berechnet)	Seite 27
Tabelle 4: Übersicht über Firmware-Generationen der 5D	Seite 54
Tabelle 5 : Schärfentiefe der 5D (gemessen)	Seite 66
Tabelle 6: Kosten für umfangreiche DSLR-Videoausstattung	Seite 86
Tabelle 7: Kosten für grundlegende DSLR-Videoausstattung	Seite 88

Abkürzungsverzeichnis:

AE	Auto Exposure
A/V	Audio, Video (analog)
ASA	American Standards Association
AT	Arbeitstitel
BBC	British Broadcasting Corporation
CCD	Charge Coupled Device
CF	Compact Flash
CMOS	Coplementary Metal Oxid Semiconductor
DCT	Discrete Cosinus Transformation
DIT	Digital Image Technican
DPCM	Differenzielle Pulscodemodulation
DSLR	Digital Single Lens Reflex Camera
EBU	European Broadcasting Union
FCE	Final Cut Express
fps	frames per second
GOP	Group of pictures
MB/s	Megabyte per second
Mbit/s	Megabit per second
MPEG	Motion Pictures Expert Group
NTSC	National Television Systems Committee
HD	High Definiton
HDMI	High Definition Multimedia Interface
ISO	International Organisation for Standardization
IRT	Institut für Rundfunktechnik
PAL	Phase Alternating Line
SD	Secure Digitial Memory
TTL	through the lens
VLC	Variable Length Coding

1. Einleitung

1.1. Thema:

Fotografie und Bewegtbild sind seit jeher zwei Bereiche, die technisch und gestalterisch nicht so weit voneinander entfernt liegen. Beide nutzten anfangs Zelluloid als Informationsträger, um das durch Linsen gebündelte Licht des Augenblicks festzuhalten. Einmal geschah das - im Falle der Fotografie – als Standbild innerhalb einer bestimmten Belichtungszeit. Das andere Mal – im Falle des Films – 24 Mal pro Sekunde, um damit nicht nur den Augenblick, sondern ganze Ereignisse in ihrer zeitlichen Abfolge aufzuzeichnen. Doch banal gesagt ist Film nichts anderes als eine Fotoserienaufnahme von 24 Bildern pro Sekunde. Mit der einsetzenden Digitalisierung und der unglaublichen Formatvielfalt entfernten sich die beiden Bereiche dann zusehends. Während analoger Film nur im Kino weitestgehend erhalten blieb, bot das Video sehr viel kostengünstigere Möglichkeiten durch digitale Bewegtbildaufzeichnung. Auch die Fotografie ist heute bis auf wenige Ausnahmebereiche vollkommen digitalisiert. In beiden Bereichen wurde die einsetzende Digitalisierung anfangs mit viel Skepsis betrachtet. Die anfänglichen Vorreiter der neuen Technik waren einfach noch nicht ausgereift genug, um es in Auflösung und Kontrast qualitativ annähernd mit dem analogen Film aufzunehmen. Aber die rasante Entwicklung in diesem Bereich brachte immer bessere Geräte hervor und mittlerweile hat die Umstellung auch das letzte analoge Flaggschiff – den Kinofilm erreicht. So gibt es bereits einige Filme, die ausschließlich digital produziert worden sind.¹ Im Zuge dieser fortschreitenden Entwicklung schien es nur eine Frage der Zeit zu sein, bis die Geräte leistungsfähig genug sein würden, sowohl den gehobenen Foto- als auch Videobereich gleichzeitig in einem Gerät bedienen zu können.

Als der japanische Elektronikhersteller Canon im November 2008 mit der 5D Mark II als erster eine digitale Spiegelreflexkamera mit Full-HD²-Videofunktion auf den Markt brachte, polarisierte er dennoch die Szene der Fotografen weltweit. Wozu brauchte man eine solche Erweiterung an einem vom Hersteller selbst als semiprofessionell eingestuften Apparat, der sich wohl aber schon aufgrund seiner Bauform, Bedienung und natürlich nicht zuletzt seines Preises von ca. 2000€ eher an ambitionierte Freizeitfotografen und Profis richtet? Denkbar ist der Wunsch der

1 Beispiele: „Antichrist“ von Lars von Trier, „Book of Eli“ von Albert und Allen Hughes (beide auf einer RED-Kamera gedreht)

2 Bezeichnet die volle HD-Auflösung 1920 x 1080 Pixeln

Agenturen, dass die Fotografen gleichzeitig Bewegtbilder aufzeichnen und dadurch Kosten gespart werden können, weil kein separates Kamerateam notwendig ist oder externes Material eingekauft werden muss. Der damit selbstverständlich einhergehende Qualitätsverlust wird aber nur bei einer Auswertung im Internet (beispielsweise als Videoblog) hingenommen. Also immer dann, wenn das Videomaterial mehr als zusätzliches Beiwerk zu journalistischem Text- und Fotomaterial dienen soll. Derartige Angebote finden sich beispielsweise häufig auf Nachrichten-Websites wie „SPIEGEL ONLINE“³ oder „FAZ NET“⁴.

Dass so große Diskussionen um die Videofunktion an digitalen Spiegelreflexkameras (kurz: DSLR⁵) begannen, lag aber weniger an dem neuen Nutzen für Fotografen, vielmehr richteten Filmschaffende weltweit ihr Interesse auf das Gerät und erkannten bald, dass sich damit ganz neue Möglichkeiten hinsichtlich der Bildwirkung ergaben – Möglichkeiten, die bis dato nur analogen und digitalen Filmkameras vorbehalten waren, die um ein Vielfaches teurer waren. Es würde fortan möglich sein – so die allgemeine Annahme – einen Filmlook⁶ (siehe Kapitel 3) auch mit geringem Budget zu erzeugen. In den folgenden Monaten entwickelte sich ein regelrechter Hype um die neue Generation von DSLRs mit Videofunktion. Bereits vor Canon brachte Nikon Ende August 2008 mit der D90 eine HD-fähige⁷ DSLR auf den Markt. Mitte 2009 zog Pentax mit der K7 nach. Die 5D Mark II blieb aber weiterhin die einzige DSLR, die die volle HD-Auflösung aufzeichnete. Eines war allen Kameramodellen allerdings von Anfang an gleich. Die neue Videofunktion wurde in den gleichbleibenden Kamerabody integriert. Und diese Gehäuse wurden von allen Herstellern ihrem primären Zweck dienend beibehalten – dem Fotografieren. Dass Fotografen und Kameramänner unterschiedliche Vorstellungen von der bequemen Handhabung einer Kamera haben, erkannten sehr schnell einige Anbieter von spezieller Support-Technik⁸. Es kamen Bausätze auf den Markt, die die Fotoapparate zu Filmkameras modifizieren sollten. Aber der Gedanke, digitale Fotoapparate bei Filmproduktionen einzusetzen, ist nicht neu. Besonders bei Spezialeffekten, wie beispielsweise dem bekannten „Matrix-Effekt“⁹ und extremen Zeitraffern, kamen schon DSLRs zum Einsatz (siehe Kapitel 10.3). Hierbei wurden aber immer nur Reihenaufnahmen mit weniger als 24 Bildern pro Sekunde realisiert oder die

3 Seit 1994 bestehender Internetableger des SPIEGEL-Magazins mit räumlich und personell getrennter Redaktion.

4 Seit 2001 bestehendes Nachrichtenportal der „Frankfurter Allgemeinen Zeitung“

5 Aus Englischem: Digital Single Lens Reflex – Digitale einäugige Spiegelreflexkamera

6 Beschreibt die andersartige bildliche Wirkung von Film gegenüber Video durch andere Schärfentiefe, Kamerakennlinie und beispielsweise Filmkörnung

7 Die Auflösung entsprach aber nur der kleineren HD-Auflösung von 1280 x 720 Pixeln

8 In Film- und Fernstechnik oft eingesetzte Zusatzausrüstung, wie z.B. Dollys, Kamerakräne, Steadicam usw.

9 Auch „Bullet Time Effect“, Effekt der den Eindruck erzeugt, dass eine in extremer Zeitlupe ablaufende Szene mit einer Kamera auf einer Kreisbahn umfahren wird (Bsp. bei 1:34 min: <http://www.youtube.com/watch?v=u31OjOPF-ZI>)

Bilder wurden später im Schnitt zu einer Filmsequenz zusammengefügt, die zwangsläufig mit 24 Vollbildern pro Sekunde¹⁰ laufen muss. Das wirklich Neue ist, dass die digitalen Spiegelreflexkameras jetzt in der Lage waren, Einzelbilder schnell genug aufzuzeichnen, um ein flüssiges Videobild zu generieren und in einem verwendbaren Format abzuspeichern. Mit einem solchen Apparat schien die Brücke zwischen Fotografie und Videografie geschlossen.

1.2. Ziel der Arbeit:

Die vorliegende Arbeit soll untersuchen, inwieweit die digitale Spiegelreflexkamera Canon EOS 5D Mark II wirklich den täglichen Produktionsanforderungen in unterschiedlichen Bereichen der Film- und Fernsehproduktion genügt. Hierzu werden neben Labortests zur Bestimmung der rein technischen Parameter des Gerätes auch die praxisrelevanten Voraussetzungen für den erweiterten EB-Bereich¹¹ und die szenische Produktion untersucht. Dabei handelt es sich um denkbare Einsatzbereiche im Rahmen der Medienausbildung der Hochschule Mittweida. Es wird ein möglicher Arbeitsablauf im Umgang mit der Kamera beschrieben. Ein Vergleich mit bereits vorhandener Technik und eine Überprüfung der Kompatibilität mit dieser und eine Auswertung der Qualität des erzeugten Videomaterials soll schlussendlich zu einer Empfehlung für eine eventuelle Anschaffung der Kamera durch den Fachbereich Medien führen.

1.3. Aufbau der Arbeit:

Am Anfang der Arbeit soll zunächst einmal ein Überblick über die gängigen und in der Hochschule genutzte HD-Formate gegeben werden. Darüber hinaus werden die gängigen digitalen Filmformate vorgestellt, die immer häufiger auch für hochwertige Fernsehproduktionen eingesetzt werden. Danach werden die bei Canon eingesetzte MPEG¹²-Kompression und die Probleme erklärt, die damit verbunden sind. Es wird auch der in der Canon EOS 5D Mark II eingesetzte Sensortyp CMOS¹³ erklärt und mit den häufig im Videokameras vorkommenden CCD¹⁴-Sensoren verglichen. Erläutert wird auch der allgemeine Aufbau und die Funktionsweise einer Spiegelreflexkamera, da auch hier einige entscheidende Unterschiede im Bezug zu herkömmlichen Videokameras zu finden sind, die Auswirkungen auf die aufgezeichneten Bilder haben. Repräsentativ für die DSLRs mit Videofunktion wird in dieser Arbeit die Kamera Canon EOS 5D Mark II (folgend nur noch 5D genannt) herangezogen und zunächst hinsichtlich ihres Aufbaus

10 24fps (frames per second) ist der Standard bei 35mm-Kinofilmproduktionen

11 Bezeichnet über kurzen Nachrichtenbeitrag hinausgehende Produktionen der Elektronischen Berichterstattung (EB), in Erweiterung auch Reportage und Dokumentation eingeschlossen

12 Motion Pictures Expert Group (Aus dem Englischen: Expertengruppe für Bewegtbild): Gruppe, die standardisierte Kompressionsverfahren für audiovisuelle Daten entwickelt

13 Complementary Metal Oxid Semi Conductor

14 Charge-coupled device

und ihrer Funktionsweise detailliert beschrieben. Anschließend folgen Testaufnahmen auf verschiedenen Standard-Testtafeln¹⁵ sowie Praxistests unter möglichst realen Bedingungen. Damit sind wie oben bereits aufgeführt, die Bereiche EB, sowie die szenische Produktion gemeint, die durch einen kurzen Trailer repräsentiert wird, gemeint. Da die Hochschule Mittweida derzeit nur über die „Prosumer“-Kameras Panasonic AG HVX 201 (folgend als HVX bezeichnet) als mobile Full-HD-Kameras verfügt, wird diese an geeigneten Stellen mit der 5D verglichen, um die unterschiedlichen Eigenschaften durch unterschiedliche Funktionsweisen besser hervorzuheben. Neben den technischen Parametern, die vor allem anhand der Testtafeln aufgeschlüsselt werden, sollen bei den Praxistests auch der zeitliche Produktionsaufwand als Variable in das Ergebnis einfließen. Es wird die spezifische Vorgehensweise bei der Arbeit mit der Kamera an Beispielen beschrieben. Außerdem wird überprüft, inwiefern die Kamera mit ihrem vergleichsweise geringen Gewicht und den geringen Abmessungen kompatibel zur vorhandenen Hochschultechnik ist. Dabei geht es vor allem um die Stativköpfe, den Kran und die Steadicam. Hinzu kommt ein persönlicher Erfahrungsbericht aus meiner Mitarbeit in der Kameraabteilung einer Fernsehfilmproduktion im Auftrag der Produktionsfirma Constantin Television GmbH¹⁷, wobei unter anderem auch eine 5D für spezielle Aufnahmen zum Einsatz kam. Weiterhin fließt die Befragung des Kameramanns Erik Schimschar¹⁸ in die Ergebnisse der Arbeit ein, um praxisrelevante Gesichtspunkte der Arbeit besonders hervorzuheben.

Am Ende soll festgestellt werden, für welche Einsatzbereiche eine DSLR wie die 5D sinnvoll ist. Unter Berücksichtigung aller Untersuchungsergebnisse wird letztendlich eine Empfehlung formuliert. Eine Anschaffungskalkulation, die auch alle notwendige Zusatztechnik berücksichtigt, wird aufgestellt.

15 In der Diplomarbeit von Andreas Pietschmann, in der die Canon 5D Mark II mit der Videokamera Sony PMW-EX3 verglichen wird, finden sich ebenso Labortests, jedoch wurde auf den Kontrollmonitor (Waveform, Parade, Vektoskop) ausschließlich das FBAS-Signal der Canon gelegt, was das Ergebnis schon grundsätzlich verfälscht, da es sich nicht um das aufgezeichnete Signal handelt

16 Von Hersteller elektronischer Geräte gebrauchter Begriff für Produkte, die von ihrer Wertigkeit und Anwendungsgebieten zwischen dem oberen Konsumentensegment und dem unteren Profibereich angesiedelt sind

17 Seit 2006 bestehendes hundertprozentiges Tochterunternehmen der Constantin Film AG (<http://www.constantin-television.de>)

18 Dresdner Kameramann, Gewinner des Preises „Beste Kamera“ in Cannes beim „Corporate Media & TV Award“

2. Aktuelle Codecs und Formate im HD-Bereich

2.1. Aktuelle HD-Richtlinien im Fernsehbereich

Als das Olympische Feuer am 12. Februar 2010 in Vancouver zu den Winterspielen entzündet wurde, konnten die deutschen Fernsehzuschauer das in hochau aufgelösten Bildern zu Hause mitverfolgen. Die ARD nutzte das Großereignis für den offiziellen Programmstart von „Das ErsteHD“. Die Ausstrahlung erfolgt dort in der „kleineren“ HD-Auflösung 720p50¹⁹. Die Programmanstalt begründet die Entscheidung damit, dass schnelle Bewegungen besser ohne Bildunschärfen dargestellt werden können als beispielsweise im höher aufgelösten 1080i50-Format²⁰. Dies bestätigten unabhängige Tests des Instituts für Rundfunktechnik (IRT)²¹ in München und die Internationale Rundfunkunion (EBU)²² mit Sitz in Genf²³. Beide Verfahren arbeiten mit einer Abtastfrequenz von 74, 25 MHz. Man kann hier also durchaus erkennen, dass es sich um eine Kompromisslösung handelt, des Formats, das beide Vorzüge vereint, derzeit noch nicht umsetzbar im Rundfunk ist. Die Rede ist vom bandbreitenintensiven 1080p50-Format²⁴, das mit der doppelten Abtastfrequenz von 148,5 MHz arbeitet und sowohl zeitlich als auch örtlich eine hohe Auflösung besitzt.

Dennoch ist neben der verbesserten Bildqualität ein weiterer Vorteil mit den digitalen HD-Formaten gegenüber den SD-Formaten behaftet. Sie sind international verwertbar und das nicht nur auf den Fernsehbereich bezogen. Auch eine Nutzung für das Kino ist aufgrund der hohen Auflösung der Bilder ebenso möglich. Dazu ebenen die Kamerahersteller durch multiformat-fähige Geräte den Weg. Diese besitzen neben der Einstellmöglichkeit zwischen 50Hz und 60Hz²⁵ auch oftmals die Funktion, mit 24 Bildern pro Sekunde aufzuzeichnen. Das aus dem Film stammende Format arbeitet mit einer Bildwechselfrequenz von 24 Hz bei progressiver Abtastung. „Dieses ist bis heute das

19 Dieses Format besitzt eine Auflösung von 720 x 1290 Pixeln und beinhaltet 50 Vollbilder pro Sekunde

20 Dieses Format besitzt eine Auflösung von 1080 x 1920 Pixeln und beinhaltet 50 Halbbildern pro Sekunde

21 Zentr. Forschungs- und Entwicklungsinstitut der Öffentlich-Rechtlichen Rundfunkanstalten

22 European Broadcasting Union (aus dem Englischen: Europäische Rundfunkunion): Zusammenschluss von 75 Rundfunkanstalten in 56 Ländern

23 http://www.daserste.de/service/hd/allround_dyn~uid,wokonnzemfp7ia02~cm.asp, Abruf am 17. 9. 2010

24 Dieses Format besitzt eine Auflösung von 1080 x 1920 Pixeln und beinhaltet 50 Vollbilder pro Sekunde (entspricht System 4 der EBU-Empfehlung)

25 In Europa und Afrika arbeiten elektronische Geräte üblicherweise mit 50Hz, in den USA und Japan mit 60Hz

einziges wirklich internationale Austauschformat geblieben“.²⁶ Viele Hersteller haben im Zuge der HD-Einführung ihre eigenen Formate auf den Markt gebracht. Aus diesem Grund haben ARD, ZDF und ORF Richtlinien erarbeitet, die verbindlich sowohl für interne Produktionen als auch für extern vergebene Aufträge eingehalten werden müssen²⁷. Demnach ist auch eine Konvertierung der Bildraten nicht zulässig. So müssen mit beispielsweise in 24p aufgezeichnete Videos mit 25 fps²⁸ wiedergegeben werden²⁹. Auch wenn dadurch die Wiedergabe um 4,2% schneller läuft als das Original. Ein sich hieraus ergebendes Problem sind die ebenfalls steigenden Tonhöhen, die nachträglich nach unten korrigiert werden müssen. Das war ein Problem, das die 5D betraf bis zur Firmware-Generation 2.0.3, die im März 2010 veröffentlicht wurde (*siehe Kapitel 7.2.*). Bis dato standen bei der 5D nur 24fps und 30fps (NTSC) zur Verfügung.

Bei der Aufzeichnung hochauflöster Bilder entstehen sehr große Datenraten. Um diese kameraintern effizient verarbeiten zu können, werden vielfach Datenkompressionen angewandt. Im Folgenden werden zunächst einige Grundlagen der Datenreduktion erläutert. Das soll insbesondere bei den späteren Aufnahmen mit der 5D zu einem besseren Verständnis der Resultate führen, da auch dort das Videomaterial nur komprimiert aufgezeichnet wird.

2.2. Grundlagen der Datenreduktion

Die Grundlage einer jeden Datenreduktion ist das Vorhandensein von Ähnlichkeiten in einem Bild. Bei Bewegtbildern, wo man es mit einer Vielzahl von Bildern zu tun hat, gibt es neben dieser noch eine weitere Ähnlichkeit. Diese bezieht sich auf zeitlich benachbarte Bilder. Grundsätzlich kann man davon ausgehen, dass bei Videosequenzen die Veränderungen innerhalb einer Einstellung sehr gering sind. Oft bestehen die Unterschiede benachbarter Bilder nur in einem einzelnen bewegten Objekt. Man spricht deshalb von einer zeitlichen und örtlichen Korrelation der Daten. Das Ziel einer Kompression von Videomaterial ist folglich dadurch gekennzeichnet, dass durch die Beseitigung von Signalanteilen die Datenrate bei visuell angemessener Bildqualität verringert werden kann. Was angemessen ist, hängt dabei ganz von der Anwendung ab. So wurde Ende der 80er-Jahre zum Streaming von Videokonferenzen über ISDN-Bandbreite³⁰ ein Bild in QCIF-Auf-

26 Professionelle Videotechnik, S. 126, Abs. 1

27 Dokument „Technische Richtlinien zur Herstellung von Fernsehproduktion für ARD, ZDF und ORF“ Oktober 2009, S. 3

28 aus dem Englischen: frames per second: Bilder pro Sekunde

29 Dokument „Technische Richtlinien zur Herstellung von Fernsehproduktion für ARD, ZDF und ORF“ Oktober 2009, S. 13

30 Die Bandbreite von ISDN (Integrated Services Digital Network) beträgt 64kbps

lösung³¹ unter anderem durch sogenanntes Frame Dropping³² komprimiert. Dabei wurden statt der bei PAL üblichen 25 Bilder pro Sekunde lediglich 10 fps übertragen. Dieses Beispiel soll verdeutlichen, was unter „angemessen“ zu verstehen ist. Während die 10 Bilder pro Sekunde bei einer Videokonferenz hinnehmbar sind, ist eine solche Verminderung der zeitlichen Auflösung im professionellen Videoproduktionsbereich nicht akzeptabel. Hier ist man eher bestrebt, die Datenrate durch Eliminierung von Redundanzen und Irrelevanzen zu reduzieren, ohne die visuelle Bildqualität zu beeinflussen. Innerhalb des Produktionsprozesses spricht man davon, dass das Signal „transparent“ bleiben soll und verwendet maximal eine Kompression um den Faktor 2 bis 5. Bei der Distribution hingegen, wo das Videomaterial nicht weiter bearbeitet werden muss, sind je nach Auswertungsart durchaus Faktoren zwischen 20 und 100 erreichbar. Bei der 5D in HD-Auflösung von 1080 x 1920 und ihrer 4:2:0-Abtastung würde eine theoretische Datenrate von etwa 80MB/s³³ entstehen. Da die reale Datenrate nur etwa 40MB/s beträgt, handelt es sich um ein Codec-bedingten Kompressionsgrad von ungefähr 2:1. Natürlich stellt aber schon die 4:2:0 Unterabtastung der Chrominanz sowie die 8-Bit-Quantisierung eine enorme Kompression dar. Zum Vergleich sei angeführt, dass HDCAM-SR-Material³⁴ eine Datenrate von 880MB/s verursacht, die bei gleicher flächiger Auflösung das 20-Fache des 5D-Materials beträgt. Hier wird bereits deutlich, dass das von der 5D aufgezeichnete Material einer sehr starken Kompression unterliegt.

2.2.1 Redundanz und Irrelevanz

Zur Kompression von Videomaterial setzt man das Vorhandensein von Redundanzen und Irrelevanzen voraus. Während Redundanzen vollständig reversibel sind³⁵, bedeutet die Beseitigung von Irrelevanzen immer eine Beschneidung des Originalmaterials. Somit ist streng genommen jede Digitalisierung schon eine Eliminierung von Irrelevanzen, da ein analoges Bild in diskrete Zustände quantisiert wird. Eine weitere Quantisierung findet z.B. statt, wenn bei einer Videoaufnahme eine Unterabtastung der Chrominanzanteile zur Anwendung kommt. Bei der 5D ist das mit der bereits erwähnten 4:2:0-Abtastung der Fall. (siehe Kapitel 3.2.). Eine Möglichkeit zur Effizienzsteigerung eines Datenstroms ist das Variable Length Coding (VLC). Dabei liegt oft der Huffman Code³⁶ zugrunde. Das Verfahren läuft darauf hinaus, dass sehr häufig auftretende Zeichen³⁷ mit einem kürzeren Codewort versehen werden als weniger oft auftretende. Damit reduziert sich die Daten-

31 Quarter Common Intermediate Format: von ITU eingeführtes Format zum Abhalten von Videokonferenzen

32 Bei diesem Kompressionsverfahren werden bestimmte Bilder einer Sequenz einfach ausgelassen, was zu einer Verringerung der zeitliche Auflösung führt

33 (2.073.600 Pixel(schwarz-weiß) x 8 Bit + 1.036.800 Pixel (farbig) x 8 Bit) x 25fps

34 1080x1920, 10 Bit-Quantisierung, 4:4:4 – volle Abtastung der Chrominanzsignale

35 Man bezeichnet sie deshalb auch als Entropiecodierungen (aus dem Griech.: Umwandlung)

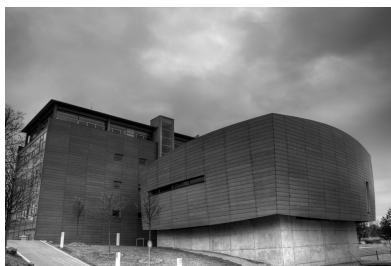
36 von David Huffman 1952 entwickeltes Verfahren zur verlustlosen Datenreduktion

37 Im Falle eines Schwarzweiß-Videobildes ist das zum Beispiel der Grauwert eines einzelnen Pixels

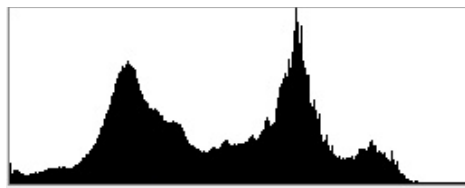
menge insgesamt. Eine noch höhere Effizienz wird erreicht, wenn mehreren in Folge auftretenden gleichen Werten zusammenfassend ein einzelnes Symbol zugeordnet wird, anstatt jeden Wert einzeln zu codieren. Man spricht dann von einer Lauflängencodierung (RLC)³⁸.

2.2.2. Differenzielle Puls Code-Modulation (DPCM)

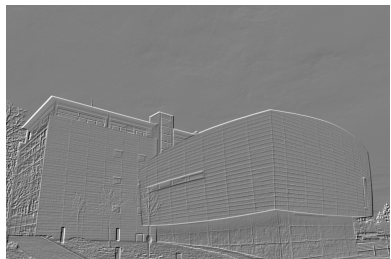
Wie bereits angeführt, finden sich bei den meisten Videobildern, die im Produktionsalltag entstehen, sehr viele Ähnlichkeiten innerhalb des Bildes. Um diese örtlichen Korrelationen zu beseitigen, ist es sinnvoll, statt der absoluten Werte für die Helligkeiten beispielsweise nur die Differenzen zwischen zwei nebeneinanderliegenden Bildpunkten zu codieren. Davon ausgehend, dass ein flächiger Hintergrund sehr gering Differenzen zwischen benachbarten Bildpunkten aufweisen wird, werden auch die entsprechenden Codierungen relativ kurz. Möchte man z.B. zwei Grauwerte von 198 und 210 codieren, so sind dafür jeweils 8 Bit³⁹ erforderlich. Die Differenz von 12 lässt sich hingegen mit nur 4 Bit⁴⁰ codieren.



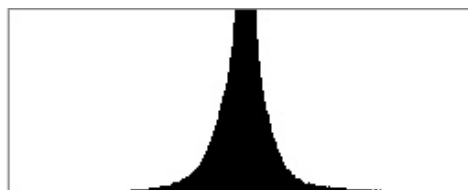
Graustufenstandbild (Original)



Histogramm (Original)⁴¹



Graustufenstandbild (Helligkeitsdifferenzen)



Histogramm (Helligkeitsdifferenzen)

Abb. 1: Veranschaulichung einer Bildkompression

Anhand der Histogramme der beiden Bilder ist diese Kompression einmal veranschaulicht. Das Original besitzt Luminanzabstufungen fast über den gesamten Dynamikbereich

³⁸ Oft auch als Run Length Encoding (RLE) bezeichnet

³⁹ Mit 8 Bit lassen sich 256 unterschiedliche Zustände beschreiben ($2^8 < 256$)

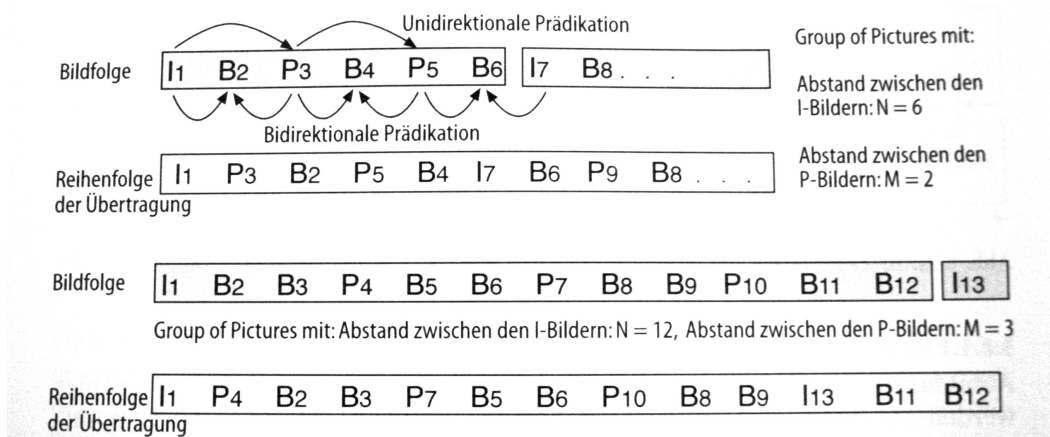
⁴⁰ Mit 4 Bit lassen sich 16 verschiedene Zustände beschreiben ($2^4 < 16$)

⁴¹ Es handelt sich um ein 8-Bit-Bild, Die Luminanzwerte können Zustände von 0 (links) bis 255 (rechts) annehmen.

(256 Zustände). Die gleiche Bildinformation ist aber auch in der Reliefdarstellung enthalten. Dabei werden nur die Differenzen der Luminanzen benachbarter Bildpunkte dargestellt. Die Kompression ist in diesem Fall also reversibel. Der Dynamikumfang ist erheblich kleiner und benötigt entsprechend weniger Speicher. Bei dieser Art der Codierung spricht man von der Intraframe-Prädiktion⁴², da sich alle Kompressionen auf das Einzelbild beziehen. Um die Ähnlichkeiten benachbarter Bilder einer Bildfolge zur weiteren Kompressionen der Daten zu nutzen, greift man auf die Inter-Frame-Prädiktion zurück. Oft ist die Bewegung in einem Bild auf wenige Objekte zurückzuführen, die nach einem bestimmten Muster abläuft und damit vorhersagbar ist. Als einfaches Beispiel kann man ein Auto anführen, das von rechts nach links durch das Bild fährt. Es ist davon auszugehen, dass es bis zu Erreichen des linken Bildrandes nicht von seiner Bahn abweichen wird. Die Bewegung des Autos kann als Vektor beschrieben werden. Zum Erfassen von diesen Bewegungsvektoren wird das Bild in Makroblöcke geteilt, deren Größe 16 x 16 Pixel beträgt. Anhand zweier Makroblöcke mit größtmöglichen Ähnlichkeiten in benachbarten Bildern kann der Bewegungsvektor für den entsprechenden Block bestimmt werden. Allerdings funktioniert die unidirektionale⁴³ Prädiktion nur begrenzt, da plötzlich auftretende Änderungen des Bildinhaltes nicht vorhergesehen werden können. Um das Verfahren zu optimieren, wird ein einzelnes Bild nicht nur aus dem vorhergehenden, sondern auch aus dem folgenden berechnet. Dies geschieht durch eine zeitliche Verzögerung bei der Codierung. Man nennt dieses Verfahren bidirektional, weil auch das nachherige Bild in die Codierung einbezogen wird. Hier wird ein Nachteil dieses Verfahrens deutlich. Nicht alle der abgespeicherten Einzelbilder liegen nach der Codierung noch uneingeschränkt vor. Man unterscheidet zwischen den Bildern, die ohne jegliche Vorhersage entstanden sind (I-Frames), denen, die durch bidirektionale Prädiktion entstanden sind (B-Frames) und schließlich denen, die nur auf unidirektionaler Prädiktion beruhen (P-Frames). Man fasst diese Bilder einer Sequenz in Gruppen zusammen und nennt sie Group of Pictures (GOP). In der Abbildung sind einmal unterschiedliche GOPs dargestellt.

42 Bei Halbbildern spricht man von Intra-field-Prädiktion

43 Es wird nur aus einem vorherigen auf das folgende Bild geschlossen (in einer Richtung ablaufend)

Abb. 2: Verschiedene Arten von Group of Pictures⁴⁴

In der ersten Bildfolge werden aus dem nicht inter-frame-prädiktierten Bild (I-Frame 1) die beiden P-Frames 3 und 5 ermittelt. Anschließend wird das B-Frame 2 aus I-Frame 1 und P-Frame 3 erzeugt (respektive B4 aus P3 und P5). Bei dieser Variante folgt aller 6 Bilder ein I-Frame, das unabhängig von Nachbarbildern ist. Im zweiten Beispiel beträgt der Abstand zweier benachbarter I-Frames 12 Bilder. Man spricht von einer GOP von 12. Es wird auch deutlich, dass die einzelnen Frames in einer anderen Reihenfolge übertragen werden, als sie letztendlich ablaufen. Das wird durch ein Verzögerungsglied realisiert. Gerade im professionellen Videoschnitt kann die Abhängigkeit der Bilder voneinander, die auch beim MPEG-Codec der 5D besteht, ein Problem darstellen. Dort ist es entscheidend, dass man frame-genau schneiden kann. Früher war es gänzlich unmöglich, Material zu schneiden, das nicht vollständig aus „I-Frames“ bestand, mittlerweile können aber alle üblichen Schnittprogramme mit den Codecs umgehen⁴⁵. Dennoch führt der H264-Codec der 5D zu Problemen im Schnitt (siehe Kapitel 9.3).

2.2.3 Diskrete Cosinus-Transformation (DCT)

Im Gegensatz zur DPCM werden die Signale bei der diskreten Cosinus-Transformation die Signale nicht im Zeit-, sondern im Frequenzbereich bearbeitet. Grundlage sind die Fourier-Reihen⁴⁶. Mathematisch betrachtet besteht das Frequenzspektrum eines Videosignals aus drei Dimensionen: neben den beiden Ortsfrequenzen spielt auch die gewohnte Zeitfrequenz eine Rolle. Auch hier findet eine Aufteilung des gesamten Bildes in Blöcke statt. Oft wählt man Blöcke der Größe 8 x 8 Pixel, da größere Blöcke einen enormen Rechenaufwand bedeuten, kleinere Blöcke die vorkommenden Ähnlichkeiten

⁴⁴ Professionelle Videotechnik, S. 156

⁴⁵ HD-Filmen mit der Spiegelreflex, S. 19f

⁴⁶ Mathematisches Verfahren nach dem alle periodischen Funktionen in Form von Sinus-, bzw. Kosinusfunktionen dargestellt werden können

nicht ausreichend zur Kompression ausnutzen⁴⁷. In die Transformation gehen alle Bildpunkte des erfassten Blockes ein.

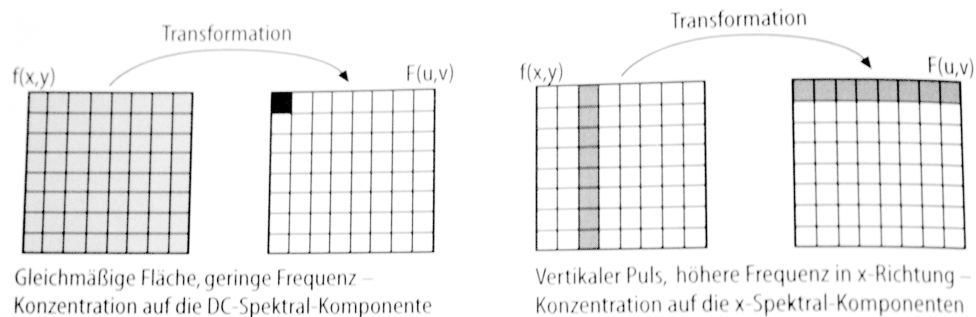


Abb. 3: Beispiele für DCTs⁴⁸

Dabei verursacht eine gleichmäßige Fläche nur einen Gleichanteil. Die geringen Differenzen bei einer recht eintönigen Fläche führen nach einer Transformation und anschließender Rundung zu recht geringen sich häufig wiederholenden Werten. Damit stellen sie eine gute Voraussetzung für die VLC (siehe 3.2.1) dar. Damit kann die Effizienz des Verfahrens noch gesteigert werden. Es ist aber zu sagen, dass es sich durch die Rundungen dann um eine verlustbehaftete Kompression handelt, die nur insoweit betrieben werden sollte, dass noch keine visuell störenden Probleme auftreten. Derartige Grenzen wurden in psycho-physiologischen Experimenten ausgelotet. Dennoch ist die Kompression typischerweise am sogenannten Blocking-Effekt⁴⁹ erkennbar. Bildblöcke, die nur sehr feine Farbwertabstufungen beinhalten, werden mit kürzeren Bitfolgen codiert als Blöcke, die sehr viele Kontraste enthalten. Damit ist die erforderliche Datenrate abhängig vom Bildinhalt.

Bei dem MPEG-Codec, der von der 5D verwendet wird, haben wir es mit einer sogenannten hybriden DCT zu tun. Es werden die Vorteile von DPCM und DCT vereinigt. Dabei wird die DCT für die Intraframe-Codierung genutzt und die DPCM für die Interframe-Codierung. Diese Art der Datenreduktion ist Grundlage der Quellencodierung beim MPEG-Standard. Die hybride DCT wird aber nicht nur bei MPEG angewandt, sondern auch bei weiteren professionellen Formaten wie DigiBeta⁵⁰, IMX⁵¹ und DV⁵².

47 vgl. Datenformate im Medienbereich, S.59

48 vgl. Professionelle Videotechnik, S. 140

49 Die Blockgrenzen treten im Bild sichtbar in Erscheinung

50 Eigentlich Digi Betacam, in Fernsehtechnik aus Pal-Zeiten sehr verbreitetes Bandformat, nutzt DCT-Kompression

51 Digitales Komponentensignal mit 4:2:2-Abtastung und 8Bit-Quantisierung

52 Oberbegriff für verschiedene Videoformate wie MiniDV, DVCAM, Digital8, HDV, DVCPRO

2.3. Hochauflösende Videoaufzeichnungsformate

Im Folgenden werden die an der Hochschule Mittweida bisher gebräuchlichen HD--Formate und das von Canon genutzte Format betrachtet.

2.3.1 DVCProHD (D12)

Derzeit besitzt die Hochschule mobile Kameras vom Typ Panasonic HVX 200 sowie dem Nachfolgermodell Panasonic HVX 210. Beide Versionen des Full-HD-fähigen Camcoders zeichnen im HD-Modus⁵³ im DVC-ProHD-Codec auf P2-Speicherkarten (*siehe Kapitel 4.1.*) auf. Das Format wurde vom Unternehmen Panasonic 2001 zunächst als bandbezogenes Aufzeichnungsformat als Weiterentwicklung von DVCPro50 entwickelt. Später wurde aber auch eine Aufzeichnung auf Speicherkarten möglich. DVCProHD arbeitet mit einer Intraframe-Komprimierung⁵⁴ und einer Abtastung von 4:2:2. Um die Aufzeichnung auf Band zu realisieren, musste die 1/4"-Kassette doppelt so schnell laufen wie bei DVCPro50. Es werden sowohl die kleinere HD-Auflösung mit 720 Zeilen als auch die größere mit 1080 Zeilen mit unterschiedlichen Bildfrequenzen unterstützt. Die Datenrate beträgt 100 Mbit/s⁵⁵. Allerdings ist in der 1080-Zeilen-Variante keine progressive Aufnahme möglich. Hinter dem von Panasonic aufgeführten 1080p25-Format steckt ein Verfahren, bei dem aus zwei Halbbildern ein Vollbild generiert wird⁵⁶. Damit bleibt das Format unter den Anforderungen von 35mm-Film⁵⁷. Außerdem ist hervorzuheben, dass bei der höheren HD-Auflösung horizontal nur 1440 Bildpunkte, statt die dem 16:9 Format eigentlich entsprechenden 1920 Bildpunkte, genutzt werden. Es findet also eine Interpolation in der Horizontalen mit dem Faktor 4/3 statt. Camcorder, die mit diesem Format arbeiten, sind so konzipiert, dass sie nur 1 Mio. Bildpunkte aufweisen⁵⁸.

2.3.2 MPEG4/Advanced Video Codec – H264

Im Gegensatz zu DVCProHD handelt es sich hierbei um ein ausschließlich bandloses Aufzeichnungsformat bzw. ein sehr effizientes Kompressionsverfahren, das in einer Zusammenarbeit der Moving Pictures Expert Group (MPEG) und der Video Coding Expert Group (ITU) entwickelt wurde. Die Zielsetzung des Projektes war die Halbierung der Datenrate für mobile Anwendungen als auch für HDTV bei gleichbleibender Qualität. 2003 veröffentlichten die beiden Vereinigungen ihre Ergebnisse in gleichem Wortlaut. Die MPEG nennt das Verfahren MPEG-4/AVC und es ist im zehnten Teil des MPEG-Standards

53 Weiterhin ist eine Bandaufzeichnung auf MiniDV möglich, die aber nur im DV-Modus unterstützt wird und an dieser Stelle nicht betrachtet wird

54 Dabei werden immer nur die einzelnen Frames komprimiert, ohne Redundanzen und Irrelevanzen, die sich aus benachbarten Bildern ergeben, einzubeziehen

55 Daher ist auch die Bezeichnung DVCPro100 geläufig

56 Panasonic AG-HVX200Aseries Produktheft, S. 4

57 vgl. Professionelle Videotechnik, S. 533/2

58 bpm-Produktinformationen

festgehalten. Die ITU bezeichnet das Verfahren als H264. Da die 5D diesen MPEG-Codec nutzt⁵⁹, soll hier detaillierter darauf eingegangen werden.

„Mit MPEG sind Codierbedingungen definiert und sie legt ein File-Format fest, das die universelle Anwendbarkeit und Austauschbarkeit in Multimedia-Systemen anstrebt.“⁶⁰ Um höhere Effizienzen in der Datenreduktion gegenüber JPEG⁶¹ und DV⁶² zu erreichen, werden auch die zeitlichen Korrelationen durch die DPCM (*siehe Kapitel 2.2.2.*) ausgenutzt. Außerdem kommen die zuvor beschriebenen Verfahren der bidirektionalen Prädiktion und Bewegungskompensation durch Block-Matching zum Einsatz. Bei einer 4:2:0-Abtastung (wie bei der 5D angewendet) wird aus je 4 Makroblöcken (je 8 x 8 Pixel) für die Luminanz gleichzeitig je ein Makroblock für die Farbdifferenzsignale C_R und C_B (je 16 x 16 Pixel) gebildet. Damit wird umgangen, dass für die Farbträgersignale separate Bewegungsvektoren ermittelt werden müssen. Ein Vorteil für die Postproduktion mit MPEG-Material ist der geringe Rechenaufwand bei der Decodierung. Man spricht von einem unsymmetrischen Verfahren, weil der höhere Aufwand beim Coder liegt. Das liegt daran, dass bei der Encodierung der Rechenaufwand für die Bewegungseinschätzung entfällt. Die im konkreten Fall vorliegende Unterabtastung der Chrominanz ist aber mit Problemen in der Postproduktion behaftet (*siehe Kapitel 9*). Außerdem können die getesteten Schnittsysteme das H264-Material nicht nativ verarbeiten, da das Dekodieren zu rechenintensiv ist. Damit ist in vielen Fällen eine Konvertierung in ein schnittfreundliches Material unumgänglich. (Siehe Kapitel 9). Der 1988 eingeführte MPEG 1-Standard entstand vor dem Hintergrund der Bewegtbildübertragung über ISDN (*siehe Kapitel 2.2.*). Die bereitgestellten Formate hatten die kleine Datenrate von maximal 1,5 Mbit/s als Ziel. Für den Fernsehbereich war das nicht interessant. Doch mit der Vorstellung des MPEG 2-Codecs wurden fortan auch Fernsehauflösungen unterstützt. Gemeint sind damit zunächst nur SD-Auflösungen. Zur Einführung von MPEG 3, das auch hochauflösende Formate unterstützen sollte, kam es nie, da diese Erweiterung später in MPEG 2 integriert wurde. MPEG 4 zeichnet sich schließlich durch eine noch effizientere Komprimierung aus. Weiterhin kamen die Möglichkeit interaktiver Objekte hinzu sowie eine noch robustere Übertragungsmöglichkeit der Daten, was eine einfache Anpassung an verschiedene Datenträger möglich macht.⁶³ Interaktivität bezeichnet hier die Möglichkeit, dass das Video aus mehreren Ebenen bestehen kann und es dem Nutzer beispielsweise ermöglicht werden kann, einzelne Objekte unabhängig voneinander zu bewegen und zu skalieren. Diese Erweiterung des MPEG-Standards ist für die folgenden

59 Die CANON EOS 5D Mark II nutzt Part 10 des MPEG4-Codecs, der als Advanced Video Codec (AVC) festgelegt ist

60 Datenformate im Medienbereich, S. 69/1

61 Bildkompressionsverfahren, das von der Joint Photographic Expert Group entwickelt wurde

62 1994 eingeführter Kompressionsstandard, ursprünglich aus der Magnetbandaufzeichnung

63 Professionelle Videotechnik, S. 163

Betrachtungen allerdings bedeutungslos und wird außen vor gelassen. Wie bereits erwähnt (siehe Kapitel 2.2.2.), werden bei MPEG nicht alle Bilder der gleichen Kompression unterworfen. Man spricht von I-Frames, P-Frames und B-Frames, die unterschiedlichen Graden der Interpolation unterworfen sind. Bei MPEG 1 und MPEG 2 nennt man diese Bildfolgen Group of Pictures (GOP) und meint damit eine sequentielle Zusammenfassung aufeinander folgender Bilder mit unterschiedlichen Kompressionsgraden. Bei MPEG 4 ist die GOP durch die Abfolge von Video Object Planes (VOP) ersetzt. Nicht mehr länger werden Frames komprimiert, sondern die oben erwähnten Objekte, die auch nur aus einer bestimmte Videoebene bestehen können und auch nicht an ein rechteckiges Format gebunden sind. Im Fall einer Videoaufzeichnung mit der 5D handelt es sich aber um herkömmliche rechteckige Frames und es wird auch nur eine Ebene aufgezeichnet, so dass sich lediglich die Bezeichnung in der Schematisierung (siehe Grafik) gegenüber MPEG 2 ändert.

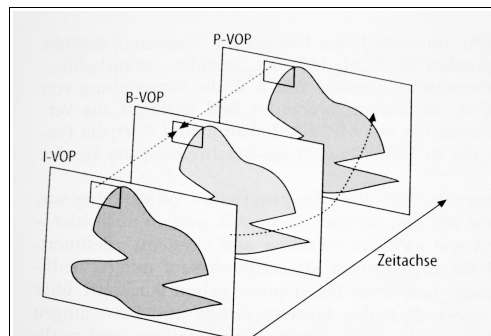


Abb.4: Group of Video-Object-Planes⁶⁴

Zur Beseitigung zeitlicher Redundanzen werden die Bilder in Makroblöcke zerlegt. Zur Codierung dient die bereits beschriebene DCT (siehe Kapitel 2.2.3.). Das Verfahren nennt sich bei MPEG 4 SA-DCT⁶⁵. War anfangs eine Genauigkeit der Bewegungskompensation der Blöcke von einem halben Pixel möglich, so ist seit der Version 2 von MPEG 4 aufgrund ausgefeilter Interpolationsfiltermethoden eine Genauigkeit von bis zu einem viertel Pixel erreichbar⁶⁶.

2.3.3 Gebräuchliche Bildauflösungen bei Film-und Fernsehproduktionen

Es lässt sich sagen, dass auch Premiumproduktionen wie „Tatort“⁶⁷, die meist auf 16mm-Film für die Fernsehauswertung produziert wurden, zunehmend auf rein digitale Workflows umsteigen. Dafür werden digitale Filmkameras genutzt wie die Arri Alexa oder bei geringerem Budget die RED One. Diese stellen Auflösungen zur Verfügung, die über Full-HD liegen. Natürlich kann hinterfragt werden, ob das notwendig ist, wenn am Ende nur







⁶⁴ Professionelle Videotechnik, S. 169

⁶⁵ Shape-Adaptive DCT

⁶⁶ Professionelle Videotechnik, S. 168/2

⁶⁷ Krimispielfilmproduktion der Öffentlich-Rechtlichen

eine Auswertung in HD geplant ist. Aber neben einem filmähnlichen Schärfetiefeverhalten bietet die Aufzeichnung in 4K beispielsweise genügend Spielraum für die Postproduktion. Die bei jeder digitalen Bearbeitung⁶⁸ eintretenden Qualitätsminderungen hinterlassen weniger subjektiv wahrnehmbare Bildfehler bei einer späteren Interpolation auf das Full-HD-Format, da die ursprüngliche Auflösung um ein Vielfaches darüber liegt. Um hier einen besonders effektiven Workflow zu gewährleisten, bietet RED zum Beispiel das Format 4K HD an, das mit der Auflösung von 3840 x 2160 Pixeln genau doppelte HD-Auflösung bietet. Das beschleunigt die Herunter-Konvertierung⁶⁹ auf HD, da immer genau vier Pixel zu einem zusammengefasst werden. Damit verlangsamen keine unrunder Verhältnisse die Umrechnung. In der folgenden Übersicht sind die üblichen Auflösungen einmal veranschaulicht.

Bezeichnung	Darstellung	Auflösung	Kameras (Beispiele)
SD (4:3)		720 x 576	Panasonic HVX 201
SD (16:9)		1024 x 576	Panasonic HVX 201
HD (720)		1280 x 720	Canon 5D Mark II, Panasonic HVX, Nikon D7000
HD (1080)		1920 x 1080	Canon 5D Mark II, Panasonic HVX 201, Nikon D7000
2K (16:9)		2048 x 1152	RED One, Arri Alexa
4K (16:9)		4096 x 3204	Red One, Arri Alexa

⁶⁸ So z.B. Spezialeffekte, Farbkorrektur und Konvertierungen

⁶⁹ auch Down-Covertig


4K HD		3840 × 2160	RED One
-------	---	-------------	---------

Tabelle 1: Vergleich verschiedener Videoformate

Derzeit ist das Format 4K für hochwertige digitale Filmproduktionen eine gute Wahl. Die Canon EOS 5D Mark II bietet das nicht. Das hier aufgezeichnete HD-Signal ist darüber hinaus, wie bereits erwähnt, einer verlustbehafteten Kompression unterzogen.

3. Verschiedene Bildwandlertypen

Anders als beim Film trifft das durchs Objektiv gebündelte Licht bei Video nicht auf lichtempfindliche Emulsion, sondern auf die Oberfläche eines Sensors. Während bei den meisten Videokameras ein CCD-Sensor genutzt wird, ist bei der 5D ein CMOS-Sensor im Einsatz, der sehr häufig bei digitalen Spiegelreflexkameras eingesetzt wird. Im folgenden Abschnitt werden die unterschiedlichen Sensortypen vorgestellt und die Vor- und Nachteile betrachtet. Eine provokante Frage, die sich aus dem Trend der DSLR-Cinematografie ergibt, ist, warum man nicht auch „herkömmliche“ Videokameras mit einem CMOS-Sensor ausstattet und stattdessen weiterhin vermehrt CCDs verbaut. Es muss also auch überprüft werden, inwiefern der CMOS-Sensor der 5D überhaupt den Ansprüchen professioneller Videoproduktionen genügt, bzw. welche Kompromisse mit ihm verbunden sind. Vorangestellt sei aber erst einmal eine Grafik, die einen sehr augenscheinlichen Unterschied der verschiedenen Sensoren beispielhaft zeigt: die Größe.

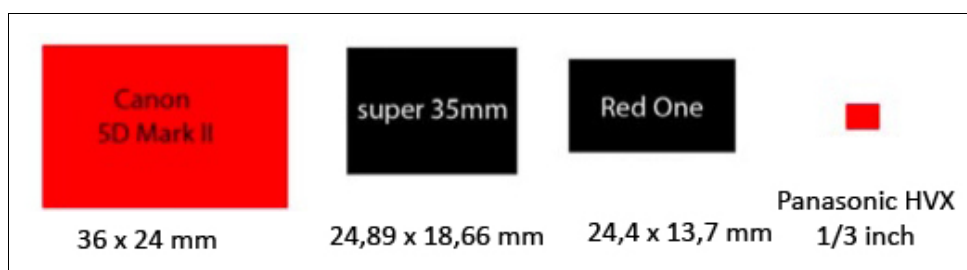


Abb. 6: Sensorgroßen im Vergleich

Aus Abbildung 1 wird klar, dass die 5D, was die Sensorgöße angeht, weit über der HVX liegt und sogar 35mm-Film übertrifft. Alle weiteren Sensoreigenschaften, zunächst ausgeblendet, ergeben sich hier schon aus diesem einfachen Merkmal physikalische

70 Quelle: Canon Produktinformation und Panasonic Website: http://pro-av.panasonic.net/en/sales_o/p2/hvx200a_series/index.html

Eigenschaften, die sich in den aufgezeichneten Bildern widerspiegeln müssen. Ein größerer Sensor ermöglicht das Erreichen einer viel geringeren Schärfentiefe unter sonst gleichen Bedingungen. Das war lange Zeit nur mit Film möglich und ist ein wesentlicher Faktor für den bereits erwähnten Filmlook. Zur scharfen Abbildung eines Gegenstandes muss sich dessen Bild im Bereich der Bildwandlerebene befinden. Eine gewisse Toleranz ergibt sich hierbei durch das Auflösungsvermögen des Sensors u' .

Vertikales Auflösungsvermögen:

$$u' = h/n ; \quad h: \text{Höhe des Bildwandlers, } n: \text{Zeilenanzahl des Bildwandlers} \quad (1)$$

Das führt dazu, dass kleinere Unschärfen visuell nicht wahrnehmbar sind. Die Tiefe des Bereiches von vorderer zu hinterer Gegenstandsweite, die noch scharf auf dem Sensor abgebildet wird, ist die Schärfentiefe. Sie lässt sich mit folgender Formel berechnen:

Nah- und Fernpunkt:

$$a_{h,v} = a / (1 \pm u' k (a+f')/f'^2) \quad (2)^{71}$$

Dabei bezeichnen a_h und a_v die vordere und hintere Gegenstandsweite, die jeweils gerade noch scharf abgebildet werden. Neben dem Auflösungsvermögen des Sensors u' hat auch die Blendenzahl k Einfluss auf die Schärfentiefe. Sie drückt das Verhältnis von bildseitiger Brennweite f' zum verwendeten Objektivdurchmesser d aus.

Blendenzahl:

$$k = f'/d \quad (3)$$

Der Sensor der 5D hat im Fotomodus eine maximale Auflösung von 5616 x 3744 Pixeln. Unter der Annahme, dass alle Pixel einer Zeile genutzt werden, ergeben sich für eine Videoaufnahme im Seitenverhältnis von 16:9 noch 3159 genutzte Zeilen. Für die Sensorhöhe von 2,4cm beträgt u' folglich 0,00064cm (siehe Formel 1). Für den 1/3-Zoll-Bildwandler⁷² der HVX beträgt u' 0,00027cm. Damit lassen sich für beide Sensortypen die Verläufe der Schärfentiefe in Abhängigkeit von der Blende und gleichbleibender Brennweite annähernd berechnen. Die Gegenstandsweite wurde auf 3m festgelegt. Um die Ergebnisse grafisch vergleichbar zu machen, wurden Normalbrennweiten f_n ⁷³ für beide Sensoren angenommen. Diese beträgt bei der 5D dem Kleinbildformat entsprechend 50mm und bei dem 1/3-Zoll-Sensor der HVX ungefähr 7mm.

71 Professionelle Videotechnik, S. 337/3

72 Die native Auflösung des Bildwandlers beträgt 1328 x 1770 Pixel, die Größe 4,8 x 3,6mm

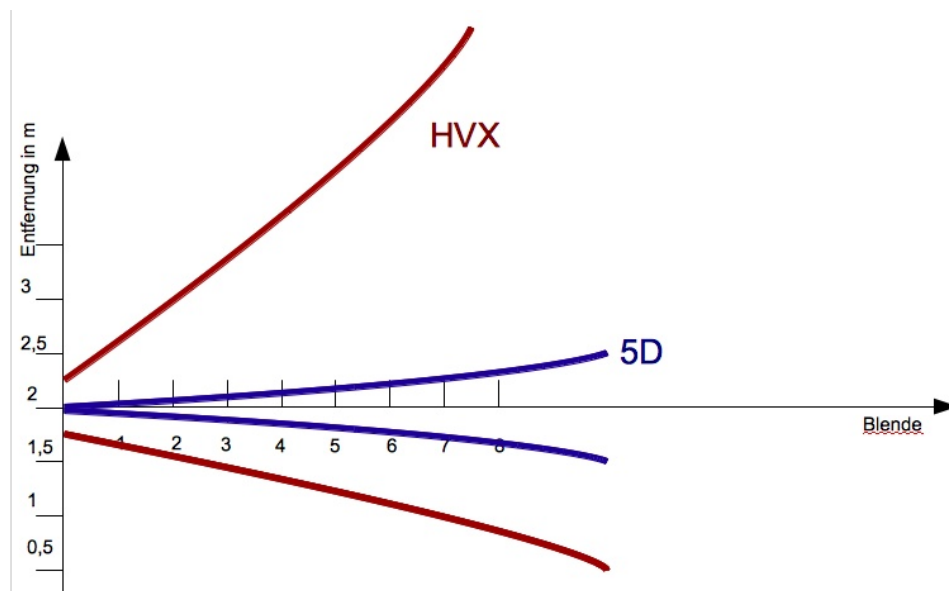
73 Brennweite, deren Bildwirkung am ehesten der menschlichen Wahrnehmung entspricht; $f > f_n$: Telebrennweiten, $f < f_n$: Weitwinkelbrennweiten

Blende k	1,4	2	4	5,6	8
la _v l in cm	198,6	198	196,1	194,6	192,3
la _h l in cm	201,4	202,1	204,3	206,1	208,75
Schärfentiefe in cm	2,8	4,1	8,2	11,5	16,45
<i>Berechnungsergebnisse für 5D</i>					

Tabelle 2: Schärfentiefe der 5D

Blende k	1,4	2	4	5,6	8
la _v l in cm	173,2	163,8	138,7	123,5	106,1
la _h l in cm	236,6	256,8	358,7	525,4	1734,9
Schärfentiefe in cm	63,4	93	220	401,9	1628,8
<i>Berechnungsergebnisse für HVX</i>					

Tabelle 3: Schärfentiefe der HVX

Abb. 7: Schärfentiefe von 5D⁷⁴ und HVX im Vergleich

Hier wird schon recht deutlich, dass die theoretisch mit Offenblende 1,4 erreichbare

74 Die Werte der 5D beziehen sich auf die gemessenen Ergebnisse aus Kapitel 8.7.

Schärfentiefe der HVX noch immer über der mit der 5D erzielten bei Blende 8 liegt. Damit muss das Fokussieren bei der Arbeit mit der 5D mit viel größerer Präzision erfolgen, als sonst im Videobereich üblich. Auf die praktische Bedeutung dieser Tatsache wird im *Kapitel 11.4* noch genauer eingegangen. Es ist auch erkennbar, dass sich die vordere Abbildungsebene näher am fokussierten Punkt liegt als die hintere. Das Verhältnis der Abstände entspricht dabei etwa 1:2. Man spricht daher auch von der „one-third-two-thirds-rule“⁷⁵. Die Sensorgröße ist auch mit einer hohen Lichtempfindlichkeit verbunden, da auch die einzelnen Pixel größer sind und mehr Licht aufnehmen können.

3.1 Der CCD-Bildwandler

Die Ausmaße und das Auflösungsvermögen der Sensoren sind natürlich nicht die einzigen Unterschiede der Kameras. Es handelt sich um zwei völlig verschiedene Sensorarten. Der Videobereich wird nach wie vor von Bildwandlern dominiert, die über ein Schieberegister die Ladungen der einzelnen Bildpunkte auslesen. Daher spricht man auch von Charge Coupled Device (kurz: CCD). Je nach Bauart des Sensors stehen dabei aber nicht alle Zellen einer CCD-Zeile für die eigentliche Bildwandlung zur Verfügung. Die Anzahl der Zeilen eines CCD-Sensors sollte mindestens der Zahl der aktiven Zeilen der entsprechenden Videonorm entsprechen.⁷⁶ Diese Anforderung wird von der HVX beispielsweise mit nur 540 Zeilen anstatt 1080 nicht erfüllt, was eine Abgrenzung zu professionellen EB⁷⁷-Kameras wie beispielsweise der Panasonic AJ-HPX2700 darstellt. Im Grunde lässt sich die Bildwandlung, die auf dem Sensor passiert, in zwei Phasen unterteilen. In der ersten Phase trifft das Licht auf die einzelnen CCD-Zellen und ändert je nach Helligkeit das Potential dieser. Um möglichst hohe Empfindlichkeiten zu erreichen, soll dieser Vorgang möglichst lange dauern. In der zweiten Phase werden die Beträge der einzelnen Potentiale ausgelesen. Die Problematik besteht darin, dass sie in dieser Phase lichtdicht abgedeckt sein müssen, um unverfälscht zu bleiben. In der Fotografie stellt das ein geringes Problem dar, da nach dem Belichtungsvorgang in der Regel mehr Zeit zum Auslesen des Sensors zur Verfügung steht⁷⁸. Bei Video mit seinen höherfrequenten Bildraten von beispielsweise 25 fps wurden verschiedene Verfahren entwickelt, um den Auslesevorgang möglichst effizient zu gestalten.

3.1.1 Frame Transfer-CCD (FT-CCD)

Vor allem Studiokameras arbeiten nach diesem Prinzip. Dabei ist der Sensor in einen lichtempfindlichen Wandlerbereich und einen lichtdicht abgedeckten Speicherbereich unterteilt. Nach der Bildaufnahme werden die einzelnen Spalten des Bildes vertikal in

⁷⁵ vgl. The Camera Assistant's Manual. S. 177, aus dem Englischen: Ein-Drittel-Zwei-Drittel-Regel

⁷⁶ Professionelle Videotechnik, S. 315/2

⁷⁷ Electronic Broadcasting (aus dem Englischen: Elektronische Berichterstattung)

⁷⁸ Deshalb werden in Fotokameras meist Full Frame CCDs eingesetzt, die im FT-Modus arbeiten

den Speicherbereich verschoben. Um den Sensor in dieser Phase vor Lichteinfall zu schützen, wird er von einer mechanisch rotierenden Flügelblende verdeckt. Die rotiert genau mit der Frequenz der Halbbilder. Aus dem Speicherbereich werden die Ladungen dann über ein horizontales Schieberegister normgerecht auslesen. Derart gebaute CCD-Bildwandler bieten qualitativ sehr hohe Ergebnisse. Die Dichte der zur Bildwandlung genutzten Pixel ist sehr hoch im Vergleich zu den anderen CCD-Arten. Allerdings ist die Flügelblende als mechanisches Präzisionsbauteil recht kostspielig. Weiterhin sind dadurch maximale Belichtungszeiten von 16ms pro Halbbild möglich, da die Blende mit konstanter Drehzahl rotiert. Dreht sie zu langsam, wären die Zeiten zwischen den einzelnen Belichtungsphasen zu lang und die Bildfolge würde abgehackt erscheinen.

3.1.2. Interline Transfer-CCD (IT-CCD)

Bei diesen CCDs ist keine mechanische Flügelblende erforderlich. Der Speicherbereich liegt mitten in der Bildwandlerfläche. Neben lichtzugänglichen Spalten zur Bildwandlung befindet sich jeweils eine lichtdicht abgedeckte Spalte zur Speicherung der Bildpunktinformation für den Auslesevorgang. Nach der Belichtung wird die Ladung der lichtempfindlichen Zellen spaltenweise in den Speicherbereich verschoben. Da der Weg der Ladungen im Vergleich zum FT-CCD-Verfahren viel kürzer ist, muss der Sensor auch nicht abgedeckt werden. Aus den Spalten werden die Ladungen dann in ein horizontales Ausleseregister überführt und nach Fernsehnorm ausgelesen. Neben den geringeren Kosten durch den Wegfall einer Flügelblende bieten diese Sensoren durch das sehr schnelle Auslesen die Möglichkeit längerer Belichtungszeiten gegenüber FT-CCDs. Allerdings sind IT-CCDs sehr anfällig für den sogenannten Smear-Effekt. Dabei erzeugen sehr helle Bildpunkte in dunkler Umgebung einen vertikalen Streifen im Bild. Das ist dadurch begründet, dass die Spalten zum Auslesen nicht vollkommen lichtdicht sind. Ein sehr heller Punkt erzeugt ein sehr hohes Ladungspotential, das die neben ihm durch die Speicherspalte laufenden Bildpunkte beeinflusst. Aufgrund der Tatsache, dass die Spalten sich mitten im Bildwandlerbereich befinden, halbiert sich die horizontale Auflösung im Vergleich zu FT-CCDs.

3.1.3 Frame Interline Transfer-CCD (FIT-CCD)

Um die Vorteile der beiden vorangegangenen Sensortypen zu vereinen, wurden schließlich FIT-CCDs entwickelt. Sie benötigen ebenfalls keine mechanische Blende und der störende Smear-Effekt ist gegenüber IT-CCDs erheblich reduziert. Die Ladungen der bildempfindlichen Zellen wird wie beim IT-CCD-Verfahren in benachbarte lichtdicht abgedeckte Spalten verschoben und anschließend sehr schnell in einen separaten Speicherbereich außerhalb der Wandlerfläche verschoben. Da das sehr schnell passiert, ist der Einfluss der Zellen mit sehr hohem Potential (helle Bildpunkte) auf die benachbarten lichtgeschütz-

ten Spalten sehr gering, da die Belichtung immer zeitabhängig ist. Aus dem Speicherbereich werden die Ladungen dann wieder in das horizontale Schieberegister überführt und ausgelesen. Als wesentlicher Nachteil dieses Verfahrens ist zu nennen, dass ein weiterer Kompromiss zwischen Pixeldichte und Lichtempfindlichkeit notwendig ist. Um die Auflösung gegenüber FT-CCDs nicht noch weiter zu verringern, müssen die Pixel physikalisch kleiner sein. Darunter leidet aber die Lichtempfindlichkeit des Sensors. Um das zu kompensieren, setzt man häufig Lens-on-Chip-Technologie ein. Dabei werden Mikrolinsen über dem Sensor angebracht und bündeln das Licht in den lichtempfindlichen Zellen. Die Lichtausbeute kann damit bis um den Faktor 2 gesteigert werden.

3.1.4 Ausleseverfahren bei CCD-Sensoren

Zur Gewinnung von normgerechten Bildern aus den Ladungen des Speicherbereiches gibt es verschiedene Verfahren, die hier nur am Rand aufgeführt werden, um die bei CMOS-Sensoren auftretenden Probleme besser nachvollziehen zu können.

Beim Frame Reset Mode wird nur die Ladung jeder zweiten Zeile ausgewertet. Dafür werden abwechselnd alle geraden und anschließend alle ungeraden Zeilen zur Gewinnung eines Halbbildes herangezogen. Die jeweils übrig gebliebenen Zeilen werden ungenutzt verworfen, was nicht besonders effizient ist.

Beim Field Integration Mode werden jeweils alle ungeraden Zeilen ausgelesen und anschließend zu einem Halbbild zusammengefasst. Danach geschieht das Gleiche für alle geraden Zeilen. Die benötigte Ladungsmenge auf dem Sensor ist höher gegenüber dem Frame Reset Mode, aber die Ausnutzung auch effizienter, da keine Zeilen verworfen werden. Dennoch ist die vertikale Auflösung durch das Zusammenfassen der Zeilenpaare reduziert.

Der Frame Read Mode bedeutet, dass zunächst jede Zeile ausgelesen wird (gerade und ungerade). Sobald alle ungeraden Zeilen ausgelesen sind, werden sie zu dem ersten Halbbild zusammengefasst (wie bei Field Integration Mode). Dabei steht zwar die doppelte Belichtungszeit und somit höhere Lichtausbeute zur Verfügung. Allerdings enthält ein Halbbild zwei Bewegungsphasen und ist folglich unschärfer.

Der Multiple Frame Interline Transfer Mode kommt zum Einsatz, wenn mit Hilfe einer progressiven Abtastung⁷⁹ ein filmähnlicher Bildeindruck mit einer verringerten Zeitauflösung entstehen soll. Es funktioniert nach dem FIT-CCD-Verfahren (*siehe Kapitel 2.1.3.*). Der Speicherbereich ist aber nicht nur halb so groß wie der Wandlerbereich, sondern besitzt die gleiche Größe wie dieser. Damit ist es möglich, dass das gesamte Vollbild in den Speicherbereich verschoben wird. Dies geschieht über die Dauer eines Halbbildes. In der vertikalen Austastlücke wird dann zunächst das erste und gleich da-

79 Ein Beispiel ist die eine Abtastung mit 25 Vollbildern, die Film mit seinen 24 Vollbildern sehr nahe kommt

nach das zweite Halbbild übertragen. Anschließend werden die beiden Halbbilder normgerecht ausgelesen. Die Besonderheit gegenüber den vorherig erklärten Verfahren ist, dass zwei aufeinander folgende Halbbilder der gleichen Bewegungsphase entstammen, die einer Abtastung mit einer Frequenz von 25Hz entsprechen. Man spricht daher auch Pro Scan⁸⁰.

Die Tatsache, dass CCD-Sensoren auch heute noch hauptsächlich in Videokameras verbaut werden, hängt damit zusammen, dass mit ihnen kleinere Bildpunkte möglich sind. Damit ist eine sehr kompakte Bauweise möglich. Ein weiterer Vorteil ist, dass nach der Signalwandlung im Aufnahmebereich immer ein ganzes Raster an Pixeln an den Mikroprozessor gesendet wird. Damit ist eine gleichmäßige Verstärkung des gesamten Bildes möglich, was bei höheren ISO-Äquivalenzen zu geringerem Rauschen als bei CMOS-Sensoren (*siehe Kapitel 3.2*) führt⁸¹. Ein bereits erwähnter Nachteil ist der vor allem bei IT-CCDs auftretende Smear-Effekt. Es gibt aber auch noch weitere Bildfehler, die bei CCDs vorkommen. Zum Beispiel können sehr helle Punkte auch benachbarte Punkte des gleichen Halbbildes durch überlaufende Ladungen aufhellen. Damit verringert sich die Dynamik in hellen Bildbereichen auf wenige Abstufungen. Das Bild erscheint in diesen Bereichen sehr flächig. Man spricht vom Blooming. Auch bei CCD-Sensoren tritt ein sogenanntes thermisches Rauschen auf, das abhängig von der Temperatur ist. Es wird durch unerwünscht auftretende Elektronen in den Halbleiterbauelementen hervorgerufen.

3.2. CMOS-Bildwandler

Neben den CCD-Sensoren werden besonders im digitalen Filmbereich zunehmend CMOS-Bildwandler eingesetzt. CMOS steht für Complementary Metall Oxid Semiconductor⁸². Auf aufwendige Ladungsverschiebungen, wie es bei CCD's erforderlich ist (*siehe Kapitel 3.1.4*), kann hier verzichtet werden. Die eigentliche Wandlung des Lichtes in ein elektrisches Signal vollzieht sich in Fotodioden, zu denen jeweils ein Kondensator parallel geschaltet ist. Dieser wird geladen, wobei die Spannung die nach der Belichtung am Kondensator anliegt, proportional zur Belichtungszeit und Helligkeit ist. Durch diese Bauweise hat man direkten Zugriff auf jeden einzelnen Bildpunkt⁸³. Der Bildwandler und die angeschlossene Signalverarbeitung befinden sich auf einem Chip, was vielfältige Bearbeitungsmöglichkeiten zulässt. Beispielsweise ist es möglich, nur einen Teilbereich des Sensors auszulesen, was die Halbbildgewinnung im Vergleich zu den bei CCDs notwendigen Verfahren vereinfacht. Außerdem lässt sich der Dynamikumfang durch nonlineare Auswertung der Signalwerte des Sensors steigern. Hierbei hat sich gezeigt, dass logarithmi-

80 Progressive Scan (aus dem Englischen: Progressive Abtastung)

81 Fotografieren -Digital macht es möglich, S. 213/2

82 Aus dem Englischen: komplementärer Metalloxidhalbleiter

83 Daher auch die Bezeichnung „aktiver Pixelsensor“ (kurz: APS)

sche Ausleseverfahren für hochqualitative Anwendungen nicht geeignet sind⁸⁴. Deshalb werden zumeist teillineare Verfahren genutzt, die einen Szenenkontrast von 120 dB zulassen. Die Abbildung zeigt, wie nah das an den erfassbaren Kontrasten des menschlichen Auges liegt.

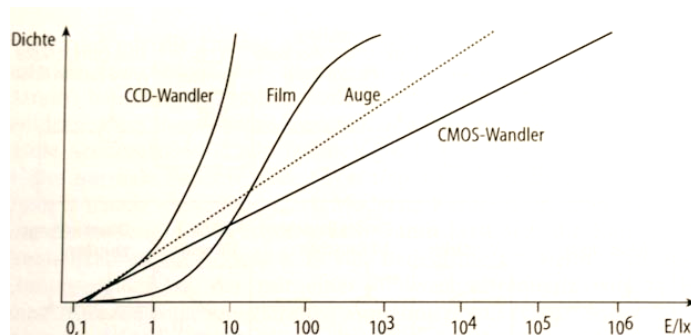


Abb. 8: Kontrastaufnahme des menschlichen Auges und eines CMOS-Bildwandlers im Vergleich⁸⁵

Bilder, die mit einem CMOS-Sensor aufgezeichnet werden, können uns, was die Dynamik angeht, natürlicher erscheinen. Da bei CMOS-Sensoren im Gegensatz zu CCDs jeder Bildpunkt einzeln verstärkt wird, steigt bei höheren ISO-Äquivalenzen das Rauschen stärker als bei CCD-Sensoren. Weil CMOS-Sensoren günstiger herzustellen sind als CCDs, werden sie vor allem dort verbaut, wo große Sensorgrößen erreicht werden sollen. Dass der 5D dennoch eine sehr gute „Lowlight“-Fähigkeit nachgesagt wird, könnte eben an diesen gegenüber üblichen Videokameras mit 2/3"-CCD⁸⁷ viel größeren Sensormaßen (siehe Kapitel 3.) liegen. Denn damit einhergehend, sind auch die einzelnen Pixel größer. Ist die Fläche der Bildpunkte größer, können sie auch mehr Licht aufnehmen.

3.2.1 Ausleseverfahren bei CMOS-Sensoren

Im Gegensatz zu CCDs gibt es bei CMOS-Sensoren keine Möglichkeit der Zwischenspeicherung von Bildinformationen. Das Auslesen erfolgt direkt vom lichtempfindlichen Bereich des Sensors. Dazu können unterschiedliche Verfahren zur Anwendung kommen.

3.2.1.1. Rolling Shutter

⁸⁴ Professionelle Videotechnik, S. 327/1

⁸⁵ Professionelle Videotechnik, S.326

⁸⁶ Bezieht sich auf den Einsatz unter schlechten Lichtverhältnissen (keine oder wenige Scheinwerfer) / dunkle Szene

⁸⁷ Hierbei handelt es sich um ein gängiges Sensorformat der Kamertechnik im Fernsehbereich

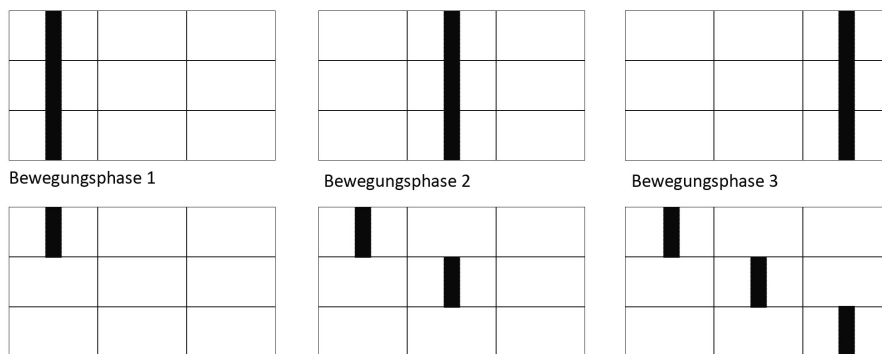


Abb. 9: senkr. Linie bei Kameraschwenk von rechts nach links; oben: Global Shutter, unten: Rolling Shutter

Bei diesem Ausleseverfahren werden die Bildpunkte zeilenweise von oben nach unten ausgelesen und kontinuierlich wieder neu belichtet. Dies führt insbesondere dann zu Problemen und dem gleichnamigen Effekt⁸⁸, wenn die Kamera schnelle Objekte, die sich durch das Bild bewegen, aufnimmt oder wenn die Kamera schnell geschwenkt wird. Auch Kamerafahrten ohne Dolly sind problematisch, weil entstehende Vibrationen Bildinformationen über aufeinanderfolgende Belichtungsphasen verschieben können. In der Abbildung ist schematisch dargestellt, wie die Störung entsteht, die durch dieses Ausleseverfahren hervorgerufen wird. Dazu ist ein dreizeiliger und dreispaltiger CMOS-Sensor (9 Pixel) dargestellt⁸⁹.

Gezeigt wird das resultierende Bild bei einem horizontalen Kameraschwenk von rechts nach links an einer vertikalen Kante. Bei der oberen Bildfolge handelt es sich um einen idealen CMOS-Bildwandler, der innerhalb einer jeden Bewegungsphase vollständig ausgelesen wird. Die Kante wird somit in allen 3 Phasen der Bewegung korrekt abgebildet. In der zweiten Bildfolge wird der Sensor nur einmal vollständig während der drei Bewegungsphasen ausgelesen. Durch das Fehlen des Speicherbereiches müssen die Ladungen direkt vom Sensor ausgelesen werden, was nicht so schnell funktioniert wie das Verschieben dieser in einen Speicherbereich. Die senkrechte Kante wird in jeder Zeile in einer anderen Phase ihrer Bewegung erfasst. Das Resultat ist eine gekrümmte Kante anstatt einer Senkrechten. Deshalb stellen sich schnell bewegende Bildinhalte, die sich über viele Zeilen erstrecken (z.B. senkrechte Kanten bei Reißschwenks) immer ein Problem dar. Die Verzögerung bei dem Auslesevorgang führt zu unzureichendem zeitlichen Auflösungsvermögen des Sensors. Auch der CMOS-Sensor der 5D wird im Rolling Shutter-Verfahren ausgelesen. Die Bildqualität wird im *Kapitel 8.5.* näher am konkreten Aufnahmebeispiel dargestellt. Neben Canon setzt auch RED mit seinen digitalen Filmkameras bisher ausschließlich Rolling Shutter zum Auslesen des Sensors

⁸⁸ Rolling-Shutter-Effekt

⁸⁹ Der senkrechte Kante im Bild füllt normalerweise den gesamten Pixel aus. Zur besseren Erkennbarkeit ist hier nur der mittlere Teil eines jeden Pixels mit der Linie durchgezeichnet.

ein. Hier geschieht das Auslesen allerdings wesentlich schneller. Eine Möglichkeit zur Steigerung der Auslesegeschwindigkeit ist die Methode, statt über einen, über mehrere Kanäle parallel die Informationen der einzelnen Bildpunkte auszulesen. Ein weiterer Ansatz ist, den Sensor nicht zeilenweise auszulesen, sondern stattdessen spaltenweise. Damit würde der Rolling-Shutter-Effekt nur bei vertikalen Schwenks auftreten. Diese finden in der Praxis seltener Anwendung.

3.2.1.2. Global Shutter

Bei dieser gegenüber der Rolling Shutter-Verfahren aufwendigeren Methode werden die Helligkeitsinformationen der einzelnen Bildpunkte über Transistoren zwischengespeichert und dann aus diesem Speicher nacheinander ausgelesen. Damit gleicht das Prinzip den bereits bekannten CCD-Verfahren. Der Einsatz weiterer Transistoren auf der Sensorfläche verringert allerdings die Lichtausbeute, da weniger Platz für die zur Ladungsaufnahme nötigen Fotodioden zur Verfügung steht. Aus diesem Grund sind hier Linsensysteme über den Sensoroberflächen⁹⁰ notwendig, die das Licht auf den lichtempfindlichen Dioden bündeln. Global Shutter kann aber auch auf nicht elektronischem Weg erreicht werden. Bei CCDs wurde dazu die Flügelblende erwähnt. Bei einer Version der elektronischen Filmkamera Arri Alexa⁹¹ funktioniert das ebenso mit einer mechanischen Umlaufblende⁹². Dadurch wird kein Platz für zusätzliche Transistoren auf dem Sensor benötigt, was der effizienteren Nutzung der begrenzten Sensorfläche zugute kommt.

3.3. Die Gewinnung der Farbinformation

Die vorgestellten Bildwandler in Form von CCD- oder CMOS-Sensoren geben nur eine Spannung als Indiz für die Helligkeit eines bestimmten Bildpunktes aus. Um ein Farbbild aufzunehmen, werden in Bildaufnahmesystemen im Wesentlichen zwei Verfahren angewandt, die in den Kapiteln 3.3.2. und 3.3.3 beschrieben werden. Zur „farbechten“ Weiterverarbeitung ist das Wissen um den entsprechenden Farbraum notwendig.

3.3.1. Der sRGB-Farbraum der 5D

In der Videotechnik hat man es grundlegend mit einer additiven Farbmischung zu tun. Das bedeutet, dass die Summer der drei Primärvalenzen Rot (700nm), Grün (546nm) und Blau (436nm) bei jeweils voller Sättigung⁹³ Weiß ergibt. Zur quantitativen Bestimmung von Farben wurde ein farbmétrisches System eingeführt. Grundsätzlich ist die jeweilige

⁹⁰ Gemeint ist die bereits erwähnte Lens-on-Chip-Technologie

⁹¹ Neueste digitale Filmkamera des Münchner Herstellers von Kamera- und Lichttechnik

⁹² Hier gibt es sogar eine Spiegelumlaufblende, die einen im Filmbereich optischen Sucher ermöglicht

⁹³ Professionelle Videotechnik, S. 52/3

Farbe von den drei Kanälen R, G und B abhängig. In einem Koordinatensystem ergibt das einen dreidimensionalen Farbraum.

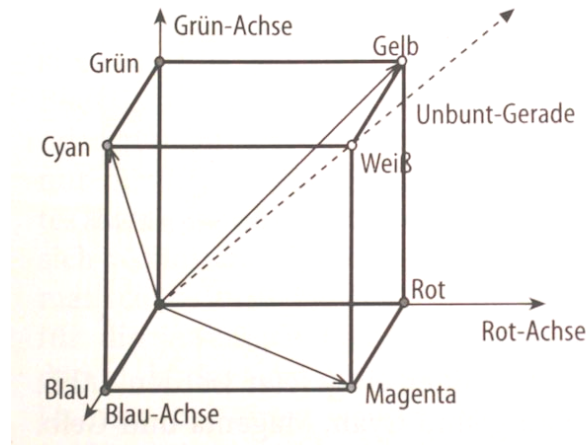


Abb. 10: Dreidimensionaler Farbraum⁹⁴

Eine genaue Ausführung des RGB-System würde im Rahmen dieser Arbeit zu weit führen. Auf die 5D bezogen lässt sich sagen, dass im Fotomodus die Wahl zwischen den beiden Farbräumen sRGB und dem umfangreicheren AdobeRGB möglich ist. Im Videomodus ist man jedoch auf den kleineren sRGB-Farbraum eingeschränkt⁹⁵. Dieser kommt aber sehr nahe an den für HDTV genormten Farbraum 709 heran⁹⁶. Um eine Farbinformation zu erhalten, muss das auf den Sensor fallende Licht gefiltert werden. Dazu haben in der Videotechnik zwei grundlegend verschiedene Verfahren praktische Bedeutung.

3.3.2. Farbfilterung durch Prismenblock

Bei dieser Methode, die in den meisten professionellen Videokameras zum Einsatz kommt (auch bei der HVX), wird das durch das Objektiv einfallende Licht durch einen Strahlteiler in seinen Blau-, Grün- und Rotanteil zerlegt. Das geschieht durch farbspezifische Spiegelungen der Lichtanteile, wie sie in der Abbildung dargestellt sind.

⁹⁴ Professionelle Videotechnik, S. 54

⁹⁵ Digital Production 2/2010, S.51

⁹⁶ ebenda

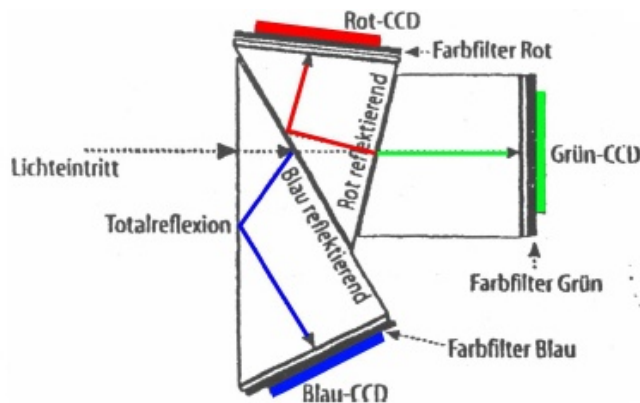


Abb 11.: Farbfilterung durch Strahlteilung

Dabei wird zunächst der kurzwellige Blauanteil über Totalreflexion herausgefiltert und anschließend das langwellige Rot. Übrig bleibt der Grünanteil. Es werden die unterschiedlichen Farbanteile auf jeweils einem Bildwandler in Spannungen umgesetzt. Am Ende der Wandlung stehen die drei Farbkanäle R,G, und B zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung. Mit diesem Verfahren kann die volle Farbauflösung erreicht werden. Allerdings ist der Einsatz von 3 Sensoren kostspielig, weswegen man dieses Verfahren meist nur im gehobenen Preissegment bei Videokameras einsetzt. Auch die HVX arbeitet mit 3 CCDs und einem Strahlteiler. Nachteil ist, dass sich ein komplexes optisches System zwischen den Linsen und den Bildwandlern befindet, das Unschärfen bei der Überlagerung der einzelnen Kanäle im Bild hinterlassen kann⁹⁷.

3.3.3. Farbfilterung durch Bayer-Maske

Während man bei der Filterung über einen Prismenblock drei Sensoren benötigt, erlaubt das Filtern der Farbbestandteile über eine Bayer-Maske⁹⁸, wie er bei der 5D angewandt wird, den Einsatz von nur einem Bildwandler. Bei diesem Verfahren wird jeder Pixel des Bildwandlers mit einem Lack überzogen, der nur durchlässig für einen bestimmten Farbanteil ist. Die Verteilung erfolgt wie in der Abbildung.

p00	p10	p20	p30	p40
p01	p11	p21	p31	p41
p02	p12	p22	p32	p42
p03	p13	p23	p33	p43
p04	p14	p24	p34	p44

Abb. 12: Schema einer Bayer-Maske⁹⁹

⁹⁷ Red in der Postproduktion, Clemens Kindermann, S. 4/3

⁹⁸ auch Bayer-Pattern: nach Bryce E. Bayer, der für das Verfahren 1975 im Namen der Eastman Kodak Company Patent anmeldete

⁹⁹ Farbverarbeitung mit Bayer-Mosaik-Sensoren, Uwe Furtner, 2001, S. 2

Es wird deutlich, dass die grünempfindlichen Pixel die Hälfte der Fläche ausmachen und die für Rot und Blau entsprechend jeweils nur ein Viertel. Dem liegt zu Grunde, dass das menschliche Auge auf den grünen Farbbereich, der im mittleren Frequenzbereich liegt, empfindlicher reagiert. Es liegt folglich für jedes Pixel nur die Information über einen Farbanteil vor. Um anschließend wieder die fehlenden Farbinformationen zu generieren, muss interpoliert werden. Man spricht vom so genannten De-Bayering. Im einfachsten Fall erhalten benachbarte Pixel die gleichen Farbanteile. Das Verfahren heißt 2x2-Operator. Im dargestellten Schema bedeutet das, dass der grünempfindliche Bildpunkt p11 den Rotanteil des rechts neben ihm liegenden Punktes p21 übernimmt sowie den Blauanteil des unter ihm liegenden Bildpunktes p12. Damit ist die resultierende Farbinformation für den Bildpunkt p11 die Summe aus den 3 Farbkanälen r21, g11 und b12 im RGB-Modus¹⁰⁰. (weiteres Bsp.: $p32 = r41 + g31 + b32$)

Dieses Verfahren ist mit einem geringen Rechenaufwand verbunden, allerdings treten an Kontrastkanten starke Artefakte hervor, da für jedes Pixel angenommen wird, dass die fehlenden Farbanteile denen der Nachbapixeln gleichen. Das ist natürlich nicht realistisch, wird aber z.B. hingenommen, wenn es um eine schnelle Livedarstellung des Signals geht. Auch bei der 5D wird das Bild am HDMI-Ausgang während der HD-Aufzeichnung mit geringerer Auflösung ausgegeben¹⁰¹ (siehe Kapitel 7.1.). Es liegt also die Vermutung nahe, dass dabei ein solch einfaches Verfahren bei der Video-Ausgabe während der Aufnahme eingesetzt wird. Eine deutlich bessere Bildqualität lässt sich mit einem 3x3-Operator erreichen. Dabei hängen die fehlende Farbanteile eines Pixels nicht nur von einem, sondern von allen benachbarten Pixeln mit der entsprechenden Empfindlichkeit ab (Bsp.: $p33 = (r23 + r43)/2 + (b32 + b34)/2 + g33$ ¹⁰²). Aber auch bei der hier beschriebenen allgemeinen Interpolation entstehen Farbarteefakte an den Kontrastkanten. Mit einer Vielzahl an Algorithmen, die zum Teil sehr rechenaufwändig sind, können aber bessere Ergebnisse erzielt werden. Der bei der Aufzeichnung der 5D genutzte Interpolationsalgorithmus wird vom Hersteller nicht preisgegeben. Der Kamera kommt aber zugute, dass die zur Verfügung stehende Auflösung des Sensors von 5616 x 3159 Pixeln (siehe Kapitel 3.2.) fast dreimal so hoch ist wie die am Ende ausgegebene HD-Auflösung von 1920 x 1080 Pixeln. Durch dieses Herunterskalieren der Auflösung ist eine weitere Verminderung der Artefakte möglich. Da keine Details zu den angewandten Verfahren öffentlich sind, bleibt die Kamera in ihrer Informationsverarbeitungskette in dieser Hinsicht eine Black Box¹⁰³.

¹⁰⁰ebenda

¹⁰¹Die Movie-Funktion der 5D Mark II, S. 17/1

¹⁰² Da die Helligkeitwerte von Grünpixeln zwischen Blau- und Rotzeilen variieren können, ist es sinnvoll, nicht den Pixelwert selbst zu nehmen, sondern auch diesen aus den grünen Nachbar pixeln zu interpolieren: $g33 = (g22 + g42 + g24 + g44)/4$

¹⁰³ In Elektronik versucht man solche unbekannten Bauelemente anhand von verschiedener Messungen zu

3.3.4. Die Farbauflösung der 5D

Wie zuvor angeführt, arbeitet die 5D mit einer 4:2:0-Farbunterabtastung¹⁰⁴. Dabei steht die volle Abtastrate im aufgezeichneten YCbCr-Signal nur für die Luminanz Y zur Verfügung. Dieses Abtastverfahren wird beispielsweise auch im DV-Band-Format eingesetzt. Bei professionellen Bandformaten beträgt die Abtastung mindestens 4:2:2. Beim 4:2:0-Verfahren wird die Farbinformation für das Cb-Signal und das Cr-Signal jeweils nur einmal für 4 Luminanzwerte abgetastet. Dadurch wird die entstehende Datenmenge erheblich reduziert im Vergleich zur vollen Farbabtastung. Voraussetzung für die Durchführbarkeit des Verfahrens ist die Tatsache, dass das menschliche Auge Unterschiede in der Helligkeit sehr viel intensiver wahrnimmt als Farbdifferenzen.

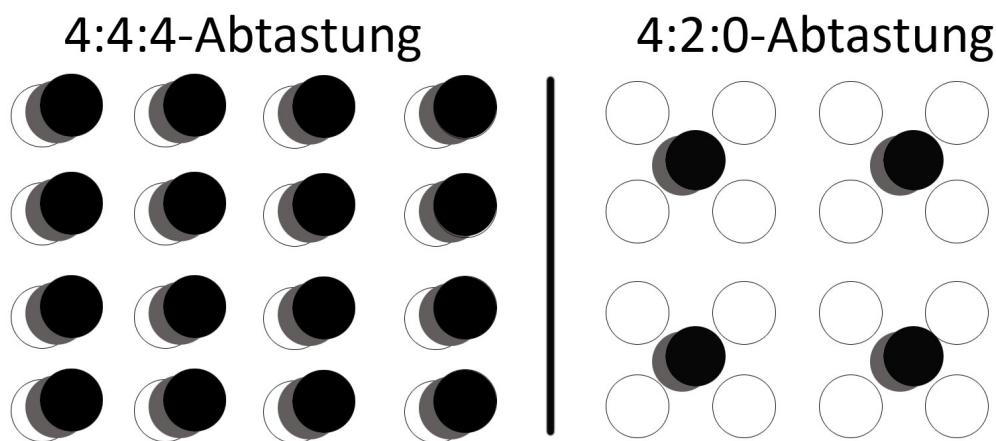


Abb. 13: Schema von voller Farbabtastung und Farbunterabtastung¹⁰⁵

4. Bandlose Speichermedien

Der Einsatz bandloser Speichermedien ist mit sehr großen Vorteilen verbunden. Vor allem der Import ins Schnittprogramm wird im Vergleich zu Kassetten erheblich beschleunigt, da kein Spulen notwendig ist. Stattdessen können die benötigten Clips einfach ausgewählt und kopiert werden. Die Schnittstellen sind bei vielen Computern schon Standard, bzw. viel kostengünstiger zu erwerben als professionelle MAZ-Systeme¹⁰⁶. Ob sich die Postproduktionsdauer in ihrer Gesamtheit verkürzt, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden, da eine Archivierung auf Speicherkarten aus Kostengründen bisher nicht üblich ist. Das bedeutet, dass das gesamte Rohmaterial eventuell im Nachhinein auf Band ausgespielt werden muss. Das hätte wiederum einen erheblichen Zeitmehrauf-

bestimmen

104 Die Videofunktion der 5D Mark II, Seite 11

105 eigene Quelle

106 Magnetaufzeichnungsgeräte

wand zur Folge. Im folgenden wird das von der Hochschule genutzte P2-System, das von Canon genutzte CF-System, sowie die zunehmend verbauten SD-Kartensysteme kurz vorgestellt.

4.1. P2- Karten

P2 steht für Professional Plug-In und wurde 2004 von Panasonic eingeführt. Es besteht aus einer Speicherkarte, die über eine PCMCIA-Schnittstelle¹⁰⁷ verfügt. In ihr befinden sich 4 SD-Karten, die in einem RAID-System¹⁰⁸ angeordnet sind. Sie enthält keine beweglichen Teile. Das macht das System relativ unempfindlich gegen Erschütterungen. Es ist ein Datendurchsatz von bis zu 640 Mbit/s möglich. Das DVCProHD-Format hat einen Datendurchsatz von 100 Mbit/s und kann somit problemlos aufgezeichnet werden. Die Kartenkapazitäten reichen von 4 bis 64 GB. In der DVCProHD-Aufzeichnung benötigt 1 Minute Video etwa 1 GB. Jede neue Aufnahme wird als separater Clip angelegt, was die Segmentierung im Schnittprogramm überflüssig macht. Die Aufzeichnung ist prinzipiell formatunabhängig, da sie im MXF-Containerformat¹⁰⁹ erfolgt.

4.2. CF-Karten

Hinter der Bezeichnung steckt die Abkürzung für Compact Flash-Karten. Dabei handelt sich wie bei P2 um einen Speicher ohne bewegliche Teile. Neben dem eigentlichen Speicher enthält die Karte auch den Controller zur Verwaltung der Daten. Damit ist die Ansteuerung der Daten ein karteninterner Prozess. Deshalb können auch alte Geräte Karten mit neuem Speichersystem¹¹⁰ lesen. Die Lese- und Schreibgeschwindigkeiten reichen derzeit bis ca. 80 MB/s¹¹¹. Die 5D erzeugt mit ihrem MPEG4-Codec in voller HD-Auflösung einen Datendurchsatz von 44 Mbit/s, was etwa 5,5 MB/s entspricht. Das sollte die verwendete Speicherkarte mindestens bewerkstelligen können, da es sonst zum vorzeitigen Abbruch der Aufnahme kommt¹¹², sobald der zur Verfügung stehend Buffer¹¹³ voll ist. Eine höhere Schreibgeschwindigkeit bringt für die Aufnahme keine weiteren Vorzüge mit sich. Karten mit höherer Lesegeschwindigkeit haben aber den Vorteil einer schnelleren Datenübertragung zum Schnittsystem. Im Handel gibt es derzeit CF-Karten mit Kapazitäten bis zu 32 GB. Einen guten Kompromiss, um das Risiko eines größeren Datenverlustes

107 Personal Computer Memory Card Association: Standard, zum Anschluss von Erweiterungen, Wechsel kann im laufenden Betrieb geschehen

108 Redundant Array of Independent Disks (aus dem Englischen: Redundante Anordnung unabhängiger Festplatten): je nach Einsatz für schnellen Zugriff auf Daten oder hohe Ausfallsicherheit konstruiert

109 offenes Dateiformat, das den einfachen Austausch von audio-visuellen Inhalten im Broadcastbereich ermöglicht

110 z.B. FAT32 gegenüber FAT16

111 Bezieht sich auf die Herstellerangabe von Sandisk

112 Die Movie-Funktion der Canon 5D Mark II, S. 11

113 Gemeint ist der interne Zwischenspeicher der Kamera, auf dem die Videodaten zunächst abgelegt werden

durch das Aussteigen einer Karte zu verhindern, stellen 8 bis 16 GB große Karten dar, auf die im MPEG-Codec der 5D etwa 12 min bzw. 24 min Material passen. Für die Videoaufzeichnung mit der 5D sollten UDMA¹¹⁴-fähige Karten verwendet werden, weil die Kompression der Kamera ansonsten geringere Datenraten produzieren soll¹¹⁵. Im Rahmen dieser Arbeit wurde sowohl mit einer SanDisk Extreme III 16GB und einer SanDisk Ultra II 8GB (beide arbeiten ohne UMDA) aufgezeichnet, ohne dass es Probleme mit der Aufzeichnung gegeben hat.

4.3. SD-Karten

Wie bereits ausgeführt, handelt es sich auch bei P2-Karten um zusammengeschnittene SD-Karten. Die Bezeichnung steht für Secure Digital Memory Card¹¹⁶. Eingeführt wurde das System 2001 von der Marke Sandisk. Gestiegene Kapazitäten von derzeit bis 64GB haben sie auch für den Einsatz in DSLRs mit im Vergleich zu Kompaktkameras recht großem Datendurchsatz interessant gemacht. Wurden dort vorzugsweise CF-Karten verbaut, werden in neuen Modellen (z.B. Canon 60D) häufiger SD-Slots integriert. Eine Erweiterung des Systems ist das SDHC oder auch SD2.0. Vorteil hier sind sehr große Datenraten von bis zu 10 MB/s. SDHC-Karten werden meist mit dem Dateisystem FAT32 formatiert. Die neueste Generation der SD-Karten nennt sich SDXC oder SD 3.0. Die Datenraten erreichen hier derzeit 104 MB/s. Das Speichersystem ist hier exFAT von Microsoft. SDXC-Karten gibt es mittlerweile mit Größen von bis zu 64GB.

114 Ultra Direct Memory Access: Daten können direkt in den Arbeitsspeicher geschrieben werden, das entlastet den Prozessor

115 Vgl. Digital Production, S. 54

116 sichere digitale Speicherkarte

5. Aufbau der digitalen Spiegelreflexkamera

Bei der in dieser Arbeit betrachteten Kamera Canon EOS 5D Mark II handelt es sich nach wie vor in erster Linie um einen digitalen Fotoapparat. Um einige wesentliche Unterschiede und Gemeinsamkeiten zu Foto und Video herauszustellen, wird hier auf den allgemeinen Aufbau und die Funktionsweise einer DSLR eingegangen.

5.1. Die Lichtwege der Kamera

Ähnlich wie analoge Filmkameras zeichnen sich Spiegelreflexkameras durch ihren optischen Sucher aus. Das bedeutet, dass das durchs Objektiv gebündelte Licht zunächst nicht auf den Sensor (bzw. Film) trifft, sondern auf einen davor liegenden Spiegel¹¹⁷, der sich in einem 45°-Winkel zum Lichtstrahl befindet. Dadurch wird das Licht auf eine Mattscheibe gelenkt. Vor dem Sensor befindet sich auch noch ein lichtdichter Verschlussvorhang, der den Sensor bis zum Auslösen vor Lichteinfall schützt. Über ein sogenanntes Sucherprisma gelangt das Licht zunächst in den Sucher, wo der Fotograf genau den Bildausschnitt sieht, der sich dann auf dem späteren Foto befinden wird. Dabei ist allerdings keine hundertprozentige Übereinstimmung gegeben. Der Sucher der Canon erfasst 98 % des auf dem Sensor abgebildeten Bereiches¹¹⁸. Das kann speziell dann zu Problemen führen, wenn sich dicht an den Bildfeldgrenzen aufgestellte Scheinwerfer befinden. Das muss beachtet werden, wenn man eine Bildkomposition über das optische Sucherbild einrichtet. Vorteil ist neben einer relativ genauen Bildkontrolle auch, dass der Sensor bis zum eigentlichen Auslösen des Fotos keinen Strom benötigt, was zu einem relativ geringen Energieverbrauch führt. Erst nach Einstellung aller technischen Parameter wird der Sensor mit Betätigung des Auslösers aktiv. Dann klappt der Schwingspiegel hoch und der dahinter liegende Verschlussvorhang¹¹⁹ öffnet sich. Der Sensor wird belichtet. Der Vorhang besteht aus einzelnen Lamellen. Zur Belichtung des Sensors öffnet der Vorhang auf einer Seite und gibt einen Spalt frei, über den der Sensor belichtet wird. Kurz nachdem der Spalt im Vorhang auf einer Seite geöffnet wurde, schließt er sich auf der anderen Seite wieder, so dass der Spalt quasi von links nach rechts über den Sensor läuft. Die Länge der eingestellten Belichtungszeit bestimmt dabei die Breite des Spaltes. Bei sehr kurzen Belichtungszeiten ist der Spalt sehr schmal, bei langen Belichtungen breiter. Diese Bauart des Verschlusses bringt bei sehr kurzen Verschlusszeiten Probleme mit sich, wenn mit einem Blitzlicht synchronisiert werden soll. Für die Videofunktion ist diese Tatsache jedoch irrelevant und wird hier nicht weiter ausgeführt. Da die gesamte Sensorebene dann während des Auslesens lichtdicht verdeckt ist, spricht man von einem Global

117 Das Pendant bei einer Filmkamera ist die Spiegelumlaufscheibe

118 Canon 5D Mark II Produktinformation

119 Bei der 5D handelt es sich um einen Schlitzverschluss

Shutter. Er funktioniert hier mechanisch und ist bei der 5D in der Lage, Belichtungszeiten von $1/8000$ s zu erreichen. Allerdings erlauben die Mechanik und der Prozessor in voller JPEG-Auflösung nur 3,9 Bilder pro Sekunde¹²⁰, was für die flüssige Darstellung eines Videobildes nicht ausreicht.

5.2. Die Belichtungsmessung

Während man im Videobereich die Anzeige eines Zebras¹²¹ zur Helligkeitskontrolle eines Bildes verwendet, nutzt man in der Fotografie eine Skala, die gewöhnlich von -2 Blenden Unterbelichtung bis 2 Blenden Überbelichtung reicht. Bei dem Wert 0 ist das Bild technisch korrekt belichtet¹²², es kann aber je nach Szene bewusst über- oder unterbelichtet werden, da ein Messverfahren natürlich keine beabsichtigte Bildstimmung erfassen kann. Zur Messung der Belichtung nutzen DSLRs wie die 5D die sehr präzise TTL-Methode¹²³. Dabei befinden sich die Sensoren zur Belichtungsmessung am Sucherprisma und messen die Belichtung vor dem Auslösen. Außerdem werden alle Lichtminderungen durch etwaige Filter und die eingestellte Blende direkt berücksichtigt, da die Messung des durch das Objektiv fallenden Lichts erfolgt. Da die Kontraste innerhalb eines Bildes aber größer sein können als die vom Sensor erfassbaren Werte, gibt es verschiedene Arten der Belichtungsmessung, die je nach Situation vom Fotografen gewählt werden¹²⁴. Die Mittelwert- oder Integralmessung misst die Belichtung über den größten Teil des Bildes. Dabei wird versucht einen bestimmten Helligkeitspegel über die gesamte Bildfläche zu erreichen. Bei der Spot-Messung werden weniger große Bereiche in der Bildmitte korrekt belichtet. Damit ist es z.B. möglich, einen beleuchteten Schauspieler auf einer dunklen Bühne zu fotografieren. Die dunkle Umgebung würde bei der Integralmessung die Aufhellung des gesamten Bildes bewirken und den hellen Schauspieler überbelichten. Bei der Mehrfeldmessung erfolgt die Messung über zahlreiche Zellen in den unterschiedlichen Bildbereichen. Die Auswertung erfolgt dann kameraintern über eine spezielle Software, der eine Vielzahl typischer Aufnahmesituationen zugrunde gelegt sind. In der professionellen Fotografie werden aber ähnlich wie im Film die Parameter meist manuell eingestellt. Dennoch dienen die von der Kamera ermittelten Werte als nützliche Referenz, die dann über eine Belichtungskorrektur nach der Erfahrung des Fotografen angepasst werden können.

120 Canon 5D Mark II Produktinformation

121 Oszillierende Anzeige aus Linien und Punkten im Bild, die bestimmten Belichtungsbereich markiert: Standardmäßig ist es auf 70% Bildamplitude eingestellt und entspricht somit den menschlichen Hautönen bei korrekter Belichtung

122 Als Referenz dient hier gleichmäßig beleuchtete graue Fläche, die eine Bildamplitude von 50% erzeugt

123 Through the lens (aus dem Englischen: durch das Objektiv)

124 Fotografieren digital, S. 112

5.3. Der Autofokus

Im Gegensatz zum Videobereich bedient man sich in der Fotografie fast immer des 'Autofokus'. Bei DSLRs wird aber weniger die in Kompaktkameras verwendete Entfernungsmessung durch einen Infrarotstrahl zugrunde gelegt, da diese langsam arbeitet und z.B. versagt, wenn durch Glasscheiben aufgenommen werden soll. Vielmehr handelt es sich um einen passiven Entfernungsmesser. Über einen Sensor wird der Bildkontrast gemessen, das Objektiv wird dann verstellt, bis dieser Kontrast die maximale Intensität aufweist. Dazu muss aber klar sein, in welchem Bildbereich sich das zu fokussierende Objekt befindet. Das wird realisiert, indem man die entsprechenden Messpunkte im Bild manuell anwählt. Eine weitere Möglichkeit ist es, generell nur mit dem mittleren Sensor¹²⁵ zu arbeiten. Dafür wird dieser dann auf das scharfzustellende Objekt gerichtet und nach der Fokussierung wird der gewünschte Bildausschnitt komponiert¹²⁶. Man kann die Messfeldwahl auch der Kameraautomatik überlassen, die dann das am nächsten der Kamera liegende Objekt fokussiert¹²⁷.

5.4. Live View – Die Voraussetzung für die Videofunktion

Während viele Kompaktkameras schon sehr lange die Möglichkeit boten, sich das Bild des Sensors schon vor dem Auslösen des Bildes auf dem Display der Kamera anzuschauen, war man bei DSLRs lange Zeit auf den Blick durch den Sucher angewiesen. Das ist in der bereits erklärten Bauweise der Kameras begründet, wodurch das Licht nur im Moment der Aufnahme auf den CMOS-Sensor trifft und dieser nur in diesem Augenblick aktiv wird. Diese Einschränkung führte zu Schwierigkeiten bei Aufnahmen aus ungewöhnlichen Perspektiven wie Überkopfaufnahmen oder Froschperspektiven, da der Fotograf dabei nur umständlich durch den Sucher schauen kann. Kompaktkameras mit zum Teil klappbaren Displays boten hier komfortablere Arbeitsweisen an. Aber auch die Fokussierung im Makrobereich bei minimaler Schärfentiefe ist durch den kleinen Sucher sehr schwierig. Olympus brachte daher mit der E-330 im Januar 2006 die erste DSLR mit Live View auf den Markt. Um den Dauerbetriebs des Sensors zu verhindern, wurde ein zweiter Sensor im Strahlengang verbaut, der ausschließlich für die Anzeige des Bildes auf dem Display genutzt wird. Dieser hilft bei der Komposition. Der Spiegel bleibt in seiner Ausgangsposition und das Bild kann zeitgleich im Sucher und auf dem Display angeschaut werden. Dabei dient das Display aber nur zur Hilfe bei der Bildkomposition. Wenn es um eine präzise Fokussierung geht, ist dieser Modus unbrauchbar. Deshalb bot Olympus einen zweiten Live View-Modus an, bei dem der Spiegel hochgeklappt wird und der eigentliche CMOS-Sensor gleichzeitig das Displaybild liefert. Dieser Modus eignet

¹²⁵ Dieser ist bei den meisten Kameras ein Kreuzsensor und verspricht daher die höchste Genauigkeit

¹²⁶ Dieses Verfahren nennt sich focus and recompose (Aus dem Englischen: fokussieren und neu komponieren)

¹²⁷ Fotografieren digital, S. 117/2

sich besonders zur manuellen Fokussierung bei statischen und sehr präzisen Makroaufnahmen, da die Schärf beurteilung in einer vergrößerten Displaydarstellung einfacher ist als durch den Sucher. In diesem zweiten Live View-Modus wird der Kamerasensor ständig belichtet und gibt ein permanentes bewegtes Bild über das Kameradisplay aus. Ein dauerhafter Sensorbetrieb ist bei den verbauten Sensorgrößen der DSLRs allerdings problematisch, da es keine aktive Kühlsysteme wie bei professionellen elektronischen Filmkameras gibt. Ein störendes thermisches Bildrauschen durch die Erwärmung im Betrieb hervorgerufen oder im schlimmsten Fall der Totalausfall der Kamera durch Überhitzung können die Folge sein. Dennoch war nach der Einführung von Live View die Implementierung einer Aufzeichnungsfunktion des über das Display ausgegebenen „Videos“ der nächste logische Schritt.

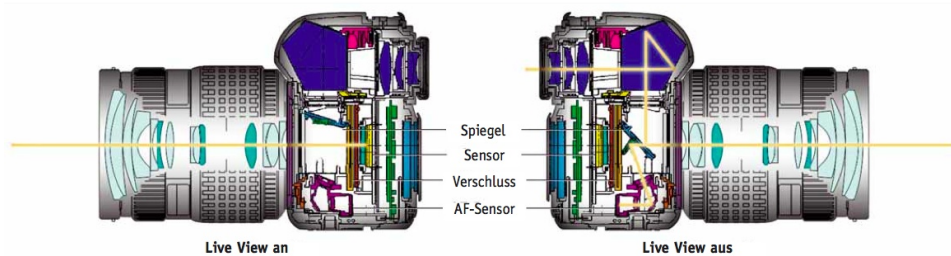


Abb. 14: Live View -Modi bei Olympus¹²⁸

Bei der 5D sorgt ein „Schutzschalter“ für das automatische Abschalten der Kamera, falls eine kritische Sensortemperatur überschritten wird.¹²⁹ Dabei wird aber zunächst eine Warnanzeige eingeblendet, die signalisiert, dass man die Kamera selbst abschalten sollte, wenn der Take vorbei ist. Das Problem mit der Überhitzung im Dauerbetrieb von Live-View ist nicht vollends gelöst. Um die Erwärmung des Sensors zu begrenzen, kann man die Bildkomposition über den optischen Sucher realisieren und erst später Live-View aktivieren, um das eingerichtete Bild zu überprüfen.

¹²⁸ Olympus.de

¹²⁹ Canon Produktinformation

6. Alternative Kameras

Auch wenn hier die Canon 5D Mark II exemplarisch auf ihre Stärken und Schwächen untersucht wird, sollen weitere Kameras, die in diesem Segment eine Rolle spielen, kurz mit ihren jeweiligen Besonderheiten aufgeführt werden. Sicherlich ist auch ein Quervergleich interessant, der aber eine Verfügbarkeit aller Modelle voraussetzt und damit im Rahmen dieser Arbeit entfällt.

6.1. Nikon (D90, D3s, D7000)

Der japanische Kamerahersteller brachte im September 2008 die erste DSLR mit HD-Videofunktion auf den Markt – die D90. Die zweistellige Modellbezeichnung bedeutet eine Zuordnung zum mittleren Preissegment. Der Sensor in Nikons DX-Format hat keine volle Kleinbildgröße. Die wählbaren Auflösungen für die Videofunktionen waren 640 x 424 Pixeln und die kleinere HD-Auflösung von 1280 x 720 Pixeln. Allerdings ist die Bildrate auf 24 fps beschränkt, was nicht optimal ist, wenn fürs Fernsehen produziert wird. Die Aufzeichnung erfolgt im AVI-Format mit einer Motion JPEG-Kompression.

Nikon hat mittlerweile auch im professionellen Segment mit der D3s einen Vertreter. Aber auch hier ist nur das kleinere HD-Format verfügbar. Auch lässt sich die auf 24fps beschränkte Bildrate nicht verändern. Die Datenrate beträgt 21 Mbit/s. Die Farbabtastung ist mit 4:2:2 besser als bei Canon. Erwähnenswert ist der sehr hohe ISO-Wert von 12 800¹³⁰. Allerdings sind solche Angaben immer mit Vorsicht zu genießen, da hier nichts über das Rauschverhalten ausgesagt wird. Es ist auch die erste Nikon-DSLR mit manueller Kontrolle über Blende und Shutter im Videomodus. Interessant ist der doppelte CFKarten-Slot, der individuell belegt werden kann. Es ist zum Einsatz als Backup-Slot möglich, was die Ausfallsicherheit erhöht. Einzelne Takes können maximal 2 GB groß sein. Das entspricht im HD-Modus etwa 5 Minuten. Bei Canon sind es 4 GB oder 12 Minuten.

Auf der diesjährigen Photokina¹³¹ stellte Nikon eine neue Kamera vor, die durchaus als interessante Alternative zur 5D gesehen werden kann und sogar einige Vorteile zu bieten scheint – die D7000. Neben komplett manueller Belichtungskontrolle bietet sie erstmals auch eine HD-Aufzeichnung in 1080 x 1920 an. Im Live View-Modus ist ein kontinuierlicher Autofokus über Kontrastmessung realisiert. Im Gegensatz zur 5D stehen dafür aber 9 Kreuzsensoren zur Verfügung, die sowohl horizontal als auch vertikal messen. Bei der 5D ist nur der in der Bildmitte liegende Sensor ein Kreuzsensor. Der ISO-Bereich ist bis auf 25 600 erweiterbar. Zwar handelt es sich bei der Kamera nicht um eine

130 http://www.nikon-highlights.de/SLR/PROFESSIONAL/D3S/#spezifikationen_filmsequenz, Abruf am 29. 9. 2010

131 Zweijährlich stattfindende Messe für Fotografie in Köln

Vollformatkamera¹³², aber für eine geringe filmische Schärfentiefe reicht die Sensorgröße, die 35mm-Film entspricht, allemal aus. Was die Kamera speziell für die DSLR-Videografie auch interessant macht, ist der günstige Listenpreis von ca. 1.200€. Gegen eine Nutzung für eine TV-Auswertung spricht die Beschränkung¹³³ auf 24fps im Full-HD-Modus.

6.2. Panasonic Lumix GH-2

Eine ebenfalls recht neue Kamera auf dem Markt ist das Nachfolgermodell der Lumix GH-1 von Panasonic mit verbesserten Videofunktionen. Hierbei handelt es sich nicht um eine Spiegelreflexkamera, jedoch verfügt sie dennoch über einen Sensor mit den Abmessungen von 17,3 x 13 mm und einer Auflösung von 1,53 Mio. Bildpunkten. Einen optischen Sucher hat sie allerdings nicht, was bei der Videofunktion von DSLRs aber bedeutungslos ist, da hier die Konzentration auf dem Live View-Modus liegt. Interessant an der Kamera ist das integrierte schwenkbare Display, mit dem leichter Aufnahmen aus ungewöhnlichen Perspektiven zu ermöglichen sind, ohne einen externen Monitor anzuschließen. Es sind HD-Aufnahmen in 1080p24, 1080p25 und auch 720p50 bzw. 720p60 möglich. Damit ist diese besser für Zeitlupen geeignet als die 5D, die mit maximal 30fps im NTSC-Modus aufzeichnet. Das genutzte Speichermedium ist im Gegensatz zur 5D auf einer SD-Karte¹³⁴. Ein besonderes Merkmal ist der HDMI-Ausgang, auf den auch das Clear Video ohne Monitorinfo-Einblendungen (Aufnahmezeit, Rahmen, usw.) gelegt werden kann. Damit ist es die erste Kamera dieses Segments, die auch für den semiprofessionellen Studio-Live-Betrieb interessant werden könnte. Preislich liegt diese Kamera unter 1000€.

6.3 Sony alpha 55

Diese DSLR nutzt ebenfalls keinen Vollformat-Sensor, sondern das APS-C-Format¹³⁵ mit einer Auflösung von 16,2 Mio. Bildpunkten. Der vom Hersteller angegebene ISO-Bereich reicht von 100 bis 12 800. Die manuellen Einstellmöglichkeiten im Videomodus sind wie anfangs auch bei Canon durch die Firmware eingeschränkt. Die Blende lässt sich nicht manuell einstellen. Damit ist professionelle Nutzung zunächst fast ausgeschlossen. Interessant ist der Weg, den Sony eingeschlagen hat, um den Autofokus während der Videoaufnahme effektiver zu gestalten. Sonys neueste DSLR arbeitet mit einem sogenannten „*Translucent fixed Mirror System*“, einem festen, teildurchlässigen Spiegel. Der Spiegel

132 Bei DSLRs ist damit immer analoge Kleinbildäquivalenz gemeint

133 30fps und 25fps stehen nur im HD-Modus mit 720 Zeilen zur Verfügung

134 Secure Digital Memory Card (aus dem Englischen: Sichere digitale Speicherkarte) – digitales Speichermedium, das nach dem Prinzip der Flash-Speicherung arbeitet

135 Abmessungen des Sensors: 23,5 x 15,6mm, Brennweiten müssen mit Faktor 1,5 multipliziert werden, um Äquivalenz zum Vollformat zu erhalten

muss also bei der Arbeit im Live View nicht umgeklappt werden, um den Phasenautofokus zu nutzen. Der Spiegel leitet kontinuierlich einen Teil des Lichtes zum Autofokussystem der Kamera um, während gleichzeitig der Sensor zur Live-Bild-Darstellung versorgt wird. Damit ist erstmals bei einer DSLR eine schnelle, permanente Fokussierung auch während der Aufnahme möglich. Das ist ein erheblicher Vorteil für EB- und Reportageeinsätze, wo schnell mit Fokussierung und Bildkomposition auf Gegebenheiten reagiert werden muss. Durch den halbdurchlässigen Spiegel geht allerdings ein Teil des Lichtes für das Bild verloren, was der Lichtempfindlichkeit der Kamera schadet.

6.4. RED Scarlet

Dieses Modell zeigt eine interessante Entwicklung, die bereits in der Einleitung dieser Arbeit angedeutet wurde – das Zusammenwachsen von Fotografie und Videografie. Es sind nicht nur die Fotoapparate, die um Videofunktionen erweitert werden. Die Firma RED bestätigt, dass auch die umgekehrte Entwicklung möglich ist, denn der Hersteller der Filmkamera RED One hat das neue Marktsegment der DSLR-Videografie auch für sich entdeckt und mit der Scarlet eine Kamera entwickelt, die genau dort hineinpasst. Neben der Videofunktion sollen mit ihr auch komfortable Standbilder möglich werden. „Digital Still and Motion Picture Cameras“ (DSMC) nennt das der Hersteller bezeichnend. Die Kamera ist derzeit noch nicht in Serie frei verfügbar, obwohl sie ursprünglich für Mitte des Jahres 2010 angekündigt war. Feststeht, dass es die Kamera in verschiedenen Ausführungen geben wird, aber selbst die günstigste Version bietet eine Auflösung von 3 K¹³⁶. Außerdem werden Spezialeffekte, wie Rampenaufnahmen¹³⁷ und Zeitraffer, mit ihr möglich sein. Die Ankündigungen lassen vermuten, dass diese Kamera eine gute Alternative zu den DSLRs im Videobereich darstellen könnte. Gegen die Nutzung in Europa spricht der zurzeit schlechte Support durch den Hersteller. Defekte Geräte müssen zur Reparatur in die USA geschickt werden, was mit vergleichsweise hohem zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden ist.

6.5. Panasonic AG AF-101

Eine durchaus interessante Entwicklung stellen sogenannte Micro-4/3-Kameras dar. Deren Sensor ist zwar nicht ganz so groß wie der von DSLRs und liegt sogar etwas unter dem Crop-Format, aber dennoch ist er um ein Vielfaches größer als die Videosensoren im DV-Bereich. Das neueste Modell, das derzeit in einschlägigen Internetforen von Filmemachern diskutiert und getestet wird, ist die AG AF-101 von Panasonic. Der Preis von etwas unter 6.000€ für den bloßen Kamerabody stellt schon klar, dass es sich hier um ein etwas anderes Marktsegment handelt. Die Kamera bewegt sich zwischen den DSLRs und professionellen Camcordern. Vorteile gegenüber DSLRs sind frei wählbare Bildraten bis

¹³⁶ http://www.red.com/epic_scarlet/

¹³⁷ Aufnahmen mit variabler Aufnahmebildrate

zu 1080p60, ein SDI-Ausgang, zwei XLR-Buchsen und der modulare Aufbau¹³⁸. Der Handgriff und der seitliche Henkel lassen sich abnehmen, was den Einsatz auf einem Rig leicht möglich macht. Derzeit ist die Datenrate bei der Aufzeichnung auf 24 MB/s beschränkt. Auch für die Hochschule könnte eine Untersuchung dieser Kamera interessant sein, da sie den HVX-Bestand gut ergänzen könnte. Allerdings ist dieses neue Kamerasegment nicht direkt mit DSLRs vergleichbar, da es sich allein durch den Preis schon deutlich abgrenzt.

6.6. Canon (1D Mark 4, 7D, 60D, 550D)

Auch Canon hat im eigenen Haus einige mit der 5D Mark II im Videobereich konkurrierende Kameras. An erster Stelle sei die 1D Mark 4 genannt, die aus dem Fotoprofissegment stammt. Die Funktionen Movie-Modus sind mit denen der 5D identisch. Nur der Sensor ist kleiner. Der 27,9 x 18,6mm große Bildwandler liegt unter dem Vollformat der 5D. Das ist darin begründet, dass die 1D Mark 4 im Gegensatz zum Schwestermodell 1Ds Mark 3¹³⁹ für schnelle Serienaufnahmen konzipiert ist. Sie verfügt deshalb gegenüber der 5D über den schnelleren Bildprozessor Dual Digit 4¹⁴⁰. Die 10 Bilder pro Sekunde im Fotomodus kommen schon näher an die zeitliche Auflösung von Video heran als die rund 4fps der 5D. Dennoch kann auch hier der Verschlussvorhang nicht als mechanischer Global Shutter bei der Videofunktion eingesetzt werden. Die 1D Mark 4 ist im Vergleich zur 5D etwas größer und besitzt zwei Akkufächer. Ein zusätzlicher Akku ist mit einer längeren Betriebszeit verbunden. Doch das rechtfertigt unter dem Gesichtspunkt der Videofunktion den doppelten Preis von 4.000€ gegenüber der 5D nicht. Mittlerweile bietet Canon auch im mittleren und unteren Preissegment DSLRs mit HD-Videofunktion. Konkret sind das die 7D und die 550D. Beide verfügen über einen APS-C-Sensor, der kleiner ist als das Kleinbildformat. Das Problem dabei ist, dass Objektive von analogen Kameras¹⁴¹ nicht den selben Bildausschnitt abbilden. Die genutzten Brennweiten müssen mit dem Faktor 1,5¹⁴² multipliziert werden, um die Entsprechungen zu erhalten. Damit ist man vor allem im weitwinkligen Bereich eingeschränkt, da z.B. ein 20mm-Weitwinkelobjektiv nur noch einem 30mm-Objektiv entspricht. Positiv auch für den Videoeinsatz ist sicherlich das klappbare Display der 550D. Damit spart man sich in bestimmten Aufnahmepositionen den Einsatz eines externen Monitors.

Von den hier aufgeführten Modellen verfügen nur die Nikon D3s und die RED Scarlet noch über einen Vollformatsensor und zeichnen mindestens im größeren HD-Format auf. Die Nikon liegt mit ihrem Preis von 4.500€ allerdings in einer ähnlichen Preiskategorie wie 1D Mark 4 von Canon. Bei beiden handelt es sich um

138 slashcam.de (<http://www.slashcam.de/news/single/IBC-2010—Panasonic-AG-AF101-fuer-5830--Euro-8605.html>)

139 Diese besitzt keine Videofunktion

140 Canon Produktinformation der 1D Mark 4

141 Gemeint sind Kameras im Kleinbildformat

142 Man spricht auch vom Crop-Faktor

Profifotokameras, die in ihrer Videofunktionalität gegenüber der semiprofessionellen 5D keine zusätzlichen Funktionen bieten. Die erhöhten Preise sind ausschließlich auf die erweiterten Funktionen im Fotografiebereich zurückzuführen. Da die Scarlet von RED noch nicht in Serienproduktion ist, stellt die Canon also derzeit die interessanteste Lösung dar, wenn man mit einem Vollformatsensor im Videomodus arbeiten möchte. Wenn man auf extreme Weitwinkel verzichten kann, bzw. allein ohne Schärfearrassistent filmt, stellen die Crop-Kameras Nikon D7000 mit Klappdisplay als auch die Canon 7D interessante Alternativen dar.

7. Aufbau und Funktionen der Canon EOS 5D Mark II



Abb. 15: Vorderansicht Kamerabody der Canon EOS 5D Mark II

Die Canon EOS 5D Mark 2 ist nach der 1D Mark 4 und der 1Ds Mark 3 die drittbeste Kamera im Spiegelreflexsortiment des japanischen Elektronikherstellers. Die Bezeichnung „EOS“ bedeutet Electro-Optical-System und bezeichnet Canons Produktfamilie an Spiegelreflexkameras. Das „D“ steht für digital. Zur Produktnummerierung des Unternehmens ist tendenziell zu sagen, je weniger Zahlenstellen vorkommen, umso höherwertiger ist die Kamera. Das aktuelle Einstiegsmodell heißt 1000D, es folgen 550D, 60D, 7D, die hier betrachtete 5D und schließlich die beiden Flaggschiffe für den Profibereich. Das Mark 2 steht für Erweiterungen innerhalb einer Bauserie. Die Canon EOS 5D¹⁴³ kam im September 2005 auf den Markt. Der damalige CMOS-Bildwandler hatte eine Auflösung von 12,8 Megapixeln und es war der DIGIC 2-Prozessor verbaut. Eine Videofunktion besaß die Kamera noch nicht. Im November 2008 kam schließlich ihre Nachfolgerin die 5D Mark 2 heraus, die sich äußerlich gegenüber dem Vorgängermodell kaum unterscheidet. Lediglich erwähnenswert ist das mit 3" größere Display. Technisch hat sich jedoch einiges verändert. Neben der größeren Auflösung des CMOS-Sensors von nun 21,1 Megapixeln ist jetzt der schnellere DIGIC 4-Prozessor verbaut. Außerdem bot die Kamera jetzt den bereits erklärten Live View-Modus (*siehe Kapitel 5.4*). Das alles waren die Voraussetzungen für Integration einer Full-HD-Videoaufzeichnung.

7.1. Die Peripherie der Kamera

Da es sich bei der 5D nicht um einen klassischen Camcorder, sondern um einen Fotoapparat handelt, sind auch die Anschlussmöglichkeiten für Peripherie sehr begrenzt. In folgendem Blockschaltbild sind wesentliche Schnittstellen schematisch dargestellt.

¹⁴³ Im Nachhinein auch als 5D Mark 1 bezeichnet

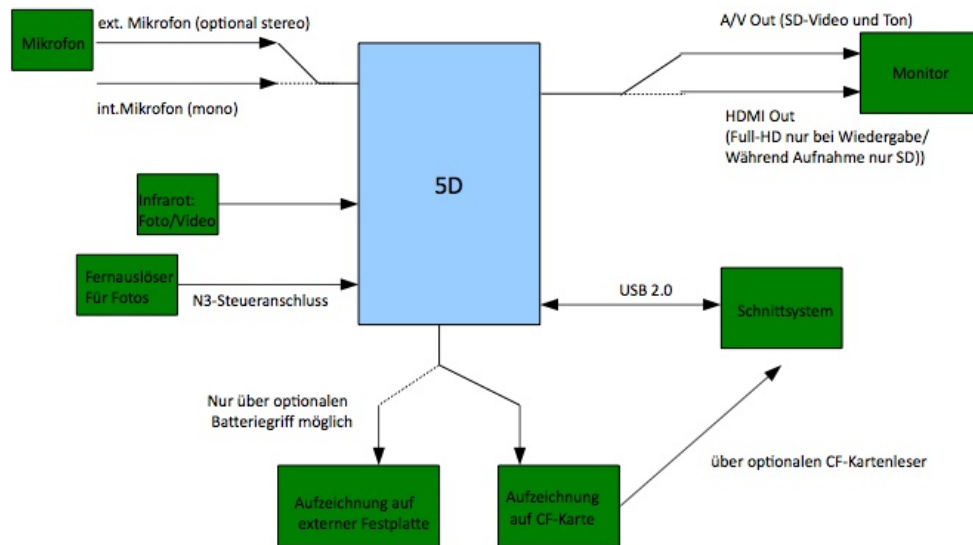


Abb.16: Blockschaltbild der 5D Mark II

Hieraus lassen sich bereits einige eventuelle Nachteile für Videoproduktionen erkennen. Die Kamera besitzt ein internes Monomikrofon. Es besteht aber die Möglichkeit, über einen 3,5 mm-Klinkenstecker ein externes Stereomikrofon anzuschließen. Hier zeigt sich aber, dass die 5D nicht den professionellen Standards der Tonaufzeichnung genügt, da es sich bei Klinkensteckern um keine symmetrischen¹⁴⁴ Stecker wie z.B. XLR¹⁴⁵ handelt. Je länger der Kabelweg vom Mikrofon (oder SQN¹⁴⁶) zur Kamera, umso größer ist die Gefahr von Brummschleifen¹⁴⁷. Bei einer filmischen Produktion, wo üblicherweise der Ton mittels Audiorekorder (z. B. der Marke Sound Device) aufgezeichnet wird, spielt dieses Maniko sicher keine große Rolle. Im Videomodus wird das Bild normalerweise auf dem internen 3"-Display angezeigt. Diese Anzeige ist deaktiviert, sobald ein externer Monitor angeschlossen wird. Dafür gibt es einen A/V¹⁴⁸-Anschluss und einen HDMI¹⁴⁹-Anschluss, die jedoch nicht gleichzeitig betrieben werden können. Damit ist es nicht ohne weiteres möglich, neben dem Monitor für den Kameramann einen zweiten Monitor für den Regisseur oder den Redakteur zu betreiben. Die Auflösung am A/V-Anschluss beträgt 640 x 480 Pixel, der HDMI-Anschluss unterstützt zunächst einmal die volle HD-Auflösung von

144 Signalübertragung erfolgt auf einem Leiterpaar; Fehler durch Einstreuungen auf Übertragungsweg werden durch Differenzbildung der beiden Leiterpaare ausgeglichen

145 Industriestandard für elektrische Steckverbindung, in professioneller u.a. für Übertragung von Mikrofonsignalen genutzt

146 Produktbezeichnung für einen im TV-Bereich oft genutzten portablen Audiomischer

147 Zur Schleife geschlossene Masseverbindung, durch die sich bei unsymmetrischer Signalübertragung das Störsignal zum Nutzsignal addiert

148 Dort liegt ein Composite-Signal (aus dem Englischen: gemischtes Signal) und ein Tonsignal an

149 High Definition Multimedia Interface: seit 2003 entwickelte Schnittstelle zur Übertragung von Audio- und Videodaten

1920 x 1080 Pixeln. Allerdings ist der Kameraprozessor laut Canon nicht in der Lage, HD-Bild gleichzeitig aufzunehmen und auszugeben¹⁵⁰. Deshalb reduziert sich auch am HDMI-Anschluss die Auflösung während einer HD-Aufnahme auf 640 x 480 Pixel¹⁵¹. Der Ton wird sowohl am A/V- als auch am HDMI-Ausgang mit übertragen. Als weiteres Manko für die Audio-Aufzeichnung mit der 5D ist festzustellen, dass die Tonausgabe bei der aktiven Aufnahme deaktiviert ist. Damit wird deutlich, dass eine externe Tonkontrolle (bzw. -aufzeichnung) dringend zu empfehlen ist. Wie bereits im *Kapitel 2.3.2.* erklärt, nimmt die 5D einen MPEG4-Datenstrom in einer 4:2:0-Abtastung auf. Ein Abfassen des HD-Bildes vor der Kompression wäre besonders für den Betrieb im Studio notwendig. Dort braucht man zum einen ein Live-Bild der Kamera, zum anderen sollte das möglichst unkomprimiert vorliegen, da es im Laufe des Produktionsprozesses zu weiteren Qualitätsminderungen durch Farbkorrekturen, Spezialeffekte usw. kommen kann. Über den HDMI-Anschluss lässt sich aber leider auch kein unkomprimiertes HD-Signal abfassen¹⁵². Damit kann die Kompression der Kamera vor dem Speichern auf der CF-Karte zunächst nicht umgangen werden. Ein Live-Betrieb der 5D im Studio oder eine externe Videoaufzeichnung auf Festplattenrekorder ist deshalb ausgeschlossen. Außerdem lässt sich die Displayinformationsanzeige für den externen Monitor bisher nicht deaktivieren. Damit ist das dort ausgegebene Bildsignal sowieso für eine Verwendung als Footage unbrauchbar. Bisher bleibt das von der Kamera intern auf CF-Karte die einzige praktikable Möglichkeit, das Video-Signal¹⁵³ aufzuzeichnen. Doch das könnte durch einen Softwareeingriff seitens des Herstellers geändert werden, wie *Kapitel 7.2.* zeigt.

Zum Übertragen der Videodaten an das Schnittsystem verfügt die 5D über eine USB 2.0-Schnittstelle. Damit steht eine Datenrate von 480Mbit/s für den Transfer zur Verfügung. Da es besonders bei szenischen Produktionen üblich ist, einzelne Clips bereits während des Drehtages auf einem Rechner zu sichern, ist aber eher eine Datenübertragung via CF-Kartenlesegerät zu empfehlen. Dabei wird die Aufnahmebereitschaft der Kamera nur durch einen kurzen Kartenwechsel unterbrochen. Andernfalls wird das Kopieren der Daten von der Kamera zum Rechner eventuell ein Flaschenhals auf einer Produktion. Zur Fernauslösung lässt sich auch die integrierte Infrarotschnittstelle über eine optionale Fernbedienung nutzen. Es gibt auch Lösungen von Drittherstellern, die via Lichtleiterkabel den Infrarotstrahl eines adaptierten Fernauslösers an die Kameravorderseite leiten¹⁵⁴. Das ist bei dem Einsatz eines Rigs komfortabel für den Operator, weil er leicht und ohne Kameraverwacklungen an den

150 Die Movie-Funktion der 5D Mark 2, S. 17

151 ebenda

152 Die Movie-Funktion der 5D Mark 2, S. 11

153 Es ist frei von Bildrahmen, Rec-Anzeige, Zeitanzeige, Audiopegelanzeige usw.

154 z.B. FLEX-RC1 von Switronix (www.switronix.com)

Auslöser gelangt.

Die Stromversorgung der Kamera erfolgt über den Canon Akku LP-E6 oder ein baugleiches Exemplar eines Drittherstellers. Da im Videomodus der Sensor im Dauerbetrieb läuft, ist der Stromverbrauch auch höher als beim Fotografieren. Laut Herstellerangaben beträgt die Akkulaufzeit bei Videoaufnahmen mit einem Canon Akku ca. 1,5 Stunden¹⁵⁵. Um häufige Akkuwechsel zu vermeiden, kann man einen von Canon separat erhältlichen Batteriegriff anschließen, in den zumindest zwei Akkus eingelegt werden können. Aber es gibt auch noch die Möglichkeit, sogenannte Powerpacks¹⁵⁶ von Drittanbietern einzusetzen. Hier ist zum Beispiel die Firma Switronix zu nennen, die mit ihrer „Powerbase 70“ die 6-fache Akkuleistung¹⁵⁷ gegenüber dem Original-Canon-Akku verspricht und damit den Anforderungen der DSLR-Videografie nachzukommen versucht. Das Powerpack wird ähnlich dem Batteriegriff unter der Kamera mit Hilfe des Stativgewindes befestigt. Das höhere Gewicht kommt einer ruhigeren Kameraführung bei Freihandaufnahmen zugute.

7.2. Firmware-Generationen der 5D Mark 2

Als die Canon 5D Mark 2 Ende 2008 auf den Markt kam, war die Aufnahme in Full-HD revolutionär und viel diskutiert. Dennoch blieb die Kamera weiterhin für professionelle Videoproduktionen weitgehend unbrauchbar. Das Problem lag weniger in der Hardware. Vielmehr wurden Kameramänner vor allem durch die fehlenden manuellen Einstellungsmöglichkeiten, die wenigen verfügbaren Bildraten, das Fehlen einer manuellen Audiopegelung und einer Belichtungskontrollanzeige in ihren Möglichkeiten sehr eingeschränkt. Um Kontrolle über die eingestellte Blende zu erhalten, musste ein Umweg über die AE¹⁵⁸-Speicherung gegangen werden. Dabei wurde zunächst auf einen dunklen Punkt außerhalb des Motivs die Belichtung angemessen und über die AE-Speicherung die Blende arretiert. Danach wurde im Motiv über die Belichtungskorrektur der Kamera die Bildhelligkeit je nach Bedarf nur durch Veränderungen des Shutters und der ISO-Zahl um bis zu zwei Blendenstufen¹⁵⁹ nach oben oder unten korrigiert. Mit den ersten Firmware-Versionen von Canon ließ sich das Problem nicht anders lösen. Eine andere Möglichkeit war der nicht risikolose Einsatz von herstellerfremder Firmware. Im Falle eines Schadens an der Kamera erlöschen dabei aber sämtliche Garantieansprüche an Canon. Das bekannteste Beispiel ist der Hack der Gruppe „Magic Lantern“, die in Zusammenarbeit mit Independent-Filmmachern zahlreiche interessante Features in die Software der 5D

155 Bedienungsanleitung Canon 5D Mark 2, S. 134

156 Externe Akkumulatoren, die sich durch hohe Kapazitäten auszeichnen

157 <http://www.switronix.com/products/batteries?>

[page=shop.product_details&category_id=39&flypage=flypage.tpl&product_id=86](http://www.switronix.com/products/batteries?), Abruf am 30. 9. 2010

158 Damit können die Belichtungseinstellungen der Kamera arretiert werden

159 Blendenstufen bezeichnen nicht nur die tatsächlichen Änderungen der Blende, sondern auch die äquivalente Änderung der ISO-Zahl oder Belichtungszeit (Shutter)

integrierte und somit zeigte, dass die hardware-seitige Grenze von Canon selbst noch nicht ausgereizt wurde. Die inoffizielle Firmware brachte z.B. eine manuelle Tonpegelung mit sich. Außerdem machte sie eine Audio-Monitoring und HD-Bildausgabe über den HDMI-Anschluss auch während der Aufnahme möglich. Warum Canon die Funktionen im Video-Modus anfangs stark einschränkte, ist nicht ganz klar. Das Unternehmen selbst begründet es damit, dass die Kamera speziell für Bildjournalisten leicht bedienbar bleiben sollte. Andreas Pietschmann¹⁶⁰ spricht in seiner Diplomarbeit günstigere Einfuhrsteuern für Fotoapparate gegenüber Camcordern an. Es ist aber auch möglich, dass sich das Unternehmen keine Konkurrenz für den eigenen Camcorder-Markt schaffen wollte. Die Nachfrage der Filmemacher war letztendlich aber zu groß, als dass sich Canon der Anwendung der 5D im Filmbereich hätte entziehen können. Wie in folgender Übersicht zu erkennen ist, zog Canon mit immer mehr Erweiterungen, von vermehrten Kundenwünschen getrieben, nach¹⁶¹.

Veröffentlichung	Versionsnummer	Erweiterungen der Funktionen
Juni 2009	1.1.0	- Manuelle Einstellung von Blende, Shutter und ISO-Wert
<i>Juni 2009</i>	<i>Magic Lantern 0.1.3 - Firmware-Hack</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>manuelle Tonaussteuerung</i> - <i>optische Überstrahlungskontrolle während der Aufnahme</i> - <i>Schärfenspeicherung zweier Ebenen</i> - <i>HD-Ausgabe über HDMI auch während der HD-Aufzeichnung</i> - <i>Audio-Monitoring während der Aufzeichnung über AV-Ausgang</i> - <i>verschieden Bildrahmengrößen</i>
März 2010	2.0.3	<ul style="list-style-type: none"> - manuelle Tonaussteuerung - Verfügbare progressive Bildraten bei PAL: 24, 25, 30 - Erhöhung der Audiosamplingrate auf 48 kHz
März 2010	2.0.4	<ul style="list-style-type: none"> - Korrektur von Fehlern der 2.0.3 - Live-Histogramm (nicht während der Aufnahme)
Mai 2010	2.0.7	Weitere Fehlerkorrekturen gegenüber 2.0.3 und 2.0.4 ¹⁶²

160 Untersuchung der Canon EOS 5D MarkII im Vergleich zur Sony PMW-EX3, S. 59/1

161 Canon Pressemitteilung vom 27. Mai 2009

162 <http://web.canon.jp/imaging/eosd/firm-e/eos5dmark2/firmware.html>, Abruf am 1. 10. 2010

September 2010	2.0.8	Fehler (Bugs) der 2.0.7-Version wurden behoben
November 2010	<i>Magic Lantern Firmware-Hack (Update)</i>	- höhere und konstante Datenrate von 60MB/s wird aufgezeichnet

Tabelle 4: Übersicht über Firmware-Generationen der 5D

Nach der manuellen Kontrolle über Blende, ISO und Shutter im Videomodus ist seit der 2.0.3-Version neben der manuellen Tonpegelung auch die Aufzeichnung in 24p und 25p im PAL-Modus möglich. Damit entfallen bei Produktionen fürs europäische Fernsehen qualitätsmindernde Konvertierungen¹⁶³ der Bildraten. Es zeigt sich, dass Canon viele Funktionen integrierte, die in der inoffiziellen Firmware von Magic Lantern schon umgesetzt war. Aber es wird auch klar, dass noch nicht alle Zusatzfunktionen, die der „Magic Lantern“-Firmware-Hack mit sich bringt, in die „legale“ Canon-Firmware aufgenommen wurden. Gemeint ist vor allem die Live-Full-HD-Videoausgabe über den HDMI-Ausgang, das Audio-Monitoring über den A/V-Ausgang oder eine Live-Belichtungskontrolle während der Aufzeichnung. Es ist ungewiss, ob Canon weitere Firmware-Updates veröffentlicht oder sich weitere Neuerungen für ein Nachfolgemodell aufhebt.

7.3. Die Bedienung der Kamera

Um die Aufnahme mit der 5D zu beginnen, müssen zunächst die notwendigen Einstellungen vorgenommen werden. Grundsätzlich kann in den aus dem Fotobereich bekannten Modi P, Tv, Av, M, B¹⁶⁴ und den Vollautomatikmodi aufgenommen werden. Ist entweder P, B oder einer der beiden Vollautomatikmodi eingestellt, so erfolgt eine automatische Belichtungseinstellung in der Kamera. Sie funktioniert hierbei immer gleich¹⁶⁵. Um gezielt die Bildstimmung zu beeinflussen, müssen die Modi Tv, Av oder M aktiviert werden. Die Automatik-Modi haben kaum Relevanz im professionellen Videosegment und werden an dieser Stelle auch nicht weiter betrachtet. Als Besonderheit gegenüber dem Fotomodus gilt es zu beachten, dass die Belichtungszeit¹⁶⁶ nicht zu kurz gewählt werden darf, da Bewegungen dann nicht mehr flüssig erscheinen. Das hängt damit zusammen, dass trotz kürzerer Belichtungszeit die Bildaufnahmerate konstant bleibt und sich damit mit kürzeren Belichtungen der zeitliche Abstand zwischen den aufgenommenen Einzelbildern vergrößert. Canon selbst empfiehlt Belichtungszeiten im

163 z. B. nach Skip-Frame- oder Blending-Frame-Verfahren

164 P -Programmautomatik (alle Parameter werden automatisch festgelegt), TV-Zeitpriorität (Belichtungszeit, bzw. Shutter wird definiert und davon abhängig wird nötige Blende berechnet), AV-Blendenpriorität (Blende wird manuell festgelegt, Belichtungszeit, bzw. Shutter wird automatisch ermittelt), M (manuelle Einstellung aller Parameter), B (Modus für Langzeitbelichtungen),

165 Bedienungsanleitung Canon 5D Mark 2, S. 128

166 respektive Shutter im Videobereich

Bereich von 1/30s bis 1/125s¹⁶⁷. Diese Werte können anhand der Testaufnahmen bestätigt werden. Bei 1/125s Belichtungszeit erscheinen schnelle Bewegungengänge aber schon etwas abgehackt, was manchmal auch als Stilmittel gewünscht sein kann. Neben der Einstellung der Blende und Belichtungszeit respektive des Shutters lässt sich auch die ISO-Empfindlichkeit einstellen. Dabei ist zu beachten, dass der Sensor konstruktionsbedingt eine bestimmte physische Empfindlichkeit aufweist. Bei dem Mysterium-Sensor der RED One sind das beispielsweise 320 ISO, weshalb eine Aufnahme auch nur in diesem Bereich stattfinden sollte. Alle Änderungen des Erhöhungen des ISO-Wertes verringern dabei auch den Signalrauschabstand und den Dynamikumfang. Bei der RED-Kameras und dem REDRaw-Codec handelt es sich um die Rohdaten des Sensors, was einen erheblichen Spielraum für Bildkorrekturen in der Postproduktion bedeutet. Anders sieht das bei der 5D aus. Da sie in einem komprimierten Signal aufzeichnet, wirken sich alle ISO-Einstellungen ungleich der tatsächlichen Empfindlichkeit des Sensors unmittelbar auf das Videomaterial als digitale Verstärkung oder Abschwächung des Bildsignalpegels aus. Der spätere Korrekturspielraum ist aufgrund der Kompression erheblich eingeschränkt. Die Erhöhung der ISO-Äquivalenz entspricht der im Videobereich verwendeten Zuschaltung des Gains. Mit einer künstlichen Anhebung des Signalpegels lässt sich zwar das Bild aufhellen, was bei Nachtaufnahmen manchmal durchaus notwendig ist. Allerdings verringert sich auch der Signal-Rausch-Abstand. Das Bild wird bei zu starker Verstärkung eventuell unbrauchbar. Es ist also empfehlenswert, möglichst nahe an der tatsächlichen Sensorempfindlichkeit zu bleiben, um nicht bereits vor der Kompression Signalqualität zu verlieren. Canon veröffentlicht aus Marketinggründen die tatsächliche Sensorempfindlichkeit nicht¹⁶⁸. Bei Nachtaufnahmen im Rahmen dieser Arbeit wurde der ISO-Wert bis auf 3200 erhöht. Das Rauschen fiel dabei relativ gering aus.

Vor der Produktion müssen noch die grundlegenden Einstellungen getroffen werden. Die Bildrate wird für europäische Fernsehproduktionen in der Regel 25fps betragen, bei einer Auswertung auf Film wird man sich für 24fps entscheiden. Die zur Verfügung stehenden Auflösungen der 5D sind 640 x 480 Pixel (4:3) und 1920 x 1080 (16:9). Im Folgenden werden ausschließlich HD-Aufnahmen mit 25fps betrachtet. Die Tonpegelung kann nach Bedarf auf „automatisch“ oder „manuell“ gestellt werden. Es ist auch möglich, den Ton zu deaktivieren. Das ist aber nicht zu empfehlen, außer es wird überhaupt kein Ton (auch nicht extern) aufgezeichnet. Ansonsten kann über den, wenn auch qualitativ schlechten internen Ton der 5D, das externe Tonsignal leichter synchronisiert werden, falls keine Klappe geschlagen wird. Das kann im dokumentarischen Bereich durchaus vorkommen. Bei der 90-minütigen Arte-TV-Dokumentation „Die Ärzte des Charité“ von Regisseur Yousif Al-Chalabi war das z.B. der

167 Bedienungsanleitung, Canon 5D Mark 2, S. 129

168 angegeben wird ein ISO-Bereich von 100 bis 6400 (bzw. mit aktivierter ISO-Erweiterung bis 12800)

Fall¹⁶⁹. Hier wurde mit einer Canon 7D, die sich in der Videofunktion nicht von der 5D unterscheidet¹⁷⁰, gearbeitet. Der Ton wurde zwar extern aufgezeichnet, aber auf eine Klappe wurde aus Rücksicht auf die Patienten verzichtet. Das Anlegen des Tons erfolgte in der Postproduktion über einen Abgleich der Tonpegelverläufe (Hüllkurven) des internen Kameratons und des externen Tons. Nach der Synchronisierung wurde der interne Ton schließlich deaktiviert. Dieses Beispiel verdeutlicht, warum auf die direkte Tonaufzeichnung mit der 5D nicht verzichtet werden sollte, auch wenn der Ton später nicht unbedingt genutzt wird.

Unter den Live-Bild-Einstellungen im Menü muss „Standbild + Movie“ gewählt werden, damit der Live View-Modus für Videos aktiviert wird. Die Darstellung auf dem Display entspricht dann im Seitenverhältnis 16:9 dem Aufnahmeseitenverhältnis. Die nicht aufgezeichneten Randbereiche des Bildes werden abgedunkelt dargestellt. Damit können störende Elemente im Bild (Lichtstative, Mikrofone etc.) im Sucher erkannt werden, bevor sie in der eigentlichen Aufnahme auftauchen würden. Als Hilfsmittel zur Bildkomposition stehen dem Kameramann zwei verschiedene Arten von Gittern zur Verfügung, die auf dem Display eingeblendet werden können. Sie finden sich im Menü unter „Displayoptionen/Netzgitter“. Durch Drücken der Taste für „Live View“ wird das Kamerabild auf dem Monitor ausgegeben. Über die Taste „Info“ werden die eingestellten Parameter sowie die Aufnahmezeit eingeblendet. Durch Drücken der Taste „Set“ an der Kamerarückseite wird die Videoaufnahme gestartet. Auch während der Videoaufnahme ist das Fotografieren durch Betätigen des Auslösers weiterhin möglich. Aber für den Moment des Auslösens wird im Videosignal nur ein Standbild aufgezeichnet. Diese Funktion mag unter Umständen für crossmediale Bildjournalisten sinnvoll sein. Es ist aber nicht möglich, von einem Augenblick gleichzeitig ein Foto und ein durchgängiges Video aufzunehmen. In der szenischen Videoproduktion ist der Mehrwert dieser Fotofunktion während der Videoaufnahme nicht besonders hoch. Leider lässt sich der Fotoauslöser während der Videoaufnahme auch nicht deaktivieren. Deshalb besteht die Gefahr einer Unterbrechung der laufenden Aufnahme durch versehentliches Betätigen des Auslösers.

Die Belichtungsmessung und die Ermittlung der Referenz erfolgt in der Videofunktion der 5D ausschließlich nach der mittenbetonten Integralmessung¹⁷¹. Zur Beurteilung der durch die Kamera ermittelten Werte ist zu beachten, dass dabei der in der Bildmitte liegende Teil größeren Einfluss auf die kamerainterne Berechnung der Belichtung nimmt. Die äußeren Bildbereiche werden nur in ihrer Gesamtheit über ihr Integral berücksichtigt. Wenn demnach der Bildmittelpunkt recht dunkel und der Anteil

169 <http://www.slashcam.de/artikel/Interviews/Erste-90-Minuten-Doku-fuer-arte-u-ARD-auf-Canon-EOS-7D.html>, Abruf am 20. 9. 2010

170 abgesehen vom kleineren Sensor und der damit verbundenen größeren Schärfentiefe

171 Die Movie-Funktion der 5D Mark 2, S. 8 und Bedienungsanleitung der 5D Mark 2, S. 95

eines Himmels recht gering im Bild ist, muss im Vergleich zur Kamerareferenz unterbelichtet werden, um den Himmel nicht überstrahlen zu lassen.

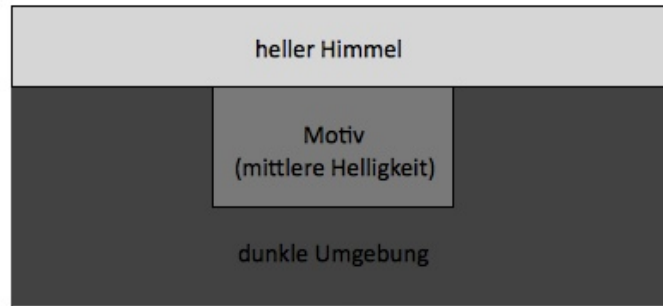


Abb.17: Helligkeitsverteilung eines Bsp-Bildes

Im dargestellten Beispiel hat das Motiv eine Bildamplitude (BA) von 60%, der Himmel eine BA von 80% und die dunkle Umgebung eine BA von 30%. Davon ausgegangen, dass der bildmittlere Teil zur Hälfte in die Berechnung der optimalen Belichtung einbezogen wird, ergibt das Integral der Randbereiche 42,5% BA. Mit den 60% BA der Bildmitte ergibt das eine korrekte Belichtung von etwa 51% BA. Damit würde das Motiv, das bei 60% BA liegt, überbelichtet erscheinen, wenn man nur nach der Belichtungsskala der Kamera geht. Seit der Firmware 2.0.4 wird die korrekte Belichtung durch eine mögliche Live-Histogramm-Darstellung erleichtert. Allerdings gibt es während der Aufnahme keine Anzeige der Belichtungsmessung. Damit sollten Takes, die unter schwierigen Lichtverhältnissen stattfinden, zuvor ohne Aufnahme und unter Berücksichtigung des Histogramms geprobt werden. Bei Bildern, die den Kontrastbereich der Kamera übersteigen (z.B. durch hellen Himmel) können sogenannte Grade-Filter Abhilfe schaffen¹⁷².

Die Fokussierung kann mit der 5D auf verschiedene Arten erfolgen. Die Entscheidung für die jeweilige Methode ist vom Bildinhalt und der Kamerabewegung abhängig. Zum einen kann der Autofokus genutzt werden. Wie bereits aufgeführt, ist im Live View-Modus nur eine Scharfstellung mithilfe einer Kontrasterkennung im Bild möglich, die relativ langsam arbeitet. Daher ist sie nur für statische Einstellungen mit konstanter Schärfenebene geeignet. Zur Fokussierung wird entweder ein Messfeld gewählt, auf das scharfgestellt werden soll oder es wird der Modus „Gesichtserkennung“ gewählt. Dabei erfasst die Kamera anhand typischer Erkennungsmerkmale Gesichter im Bild und stellt darauf scharf. Eine mögliche Anwendung ist die typische Interviewsituation, wo der Fragende sich neben der Kamera befindet. Bei Schärfeverlagerungen, Kamerafahrten und Schwenks ist der Autofokus nicht sinnvoll, da hier schnell und präzise fokussiert werden muss. Dann ist manuelle Schärfen notwendig. Wie in *Kapitel 3* erläutert, bewegt sich gerade bei offener Blende die Schärfentiefe im Bereich weniger Zentimeter. Ähnlich wie

172 The Camera Assistant's Manual, S. 31

bei einer Filmkamera ist es dann für den Kameramann recht schwierig, die Kontrolle über Bildkomposition und gleichzeitig Schärfe zu wahren. Dafür ist in der Regel der erste Kameraassistent (Focus Puller¹⁷³) zuständig. Ein Handtieren direkt am Objektiv selbst während der Aufnahme ist aber durchaus kritisch. Zum einen kann dadurch die Aufnahme verwackeln, zum anderen kann je nach Optik evtl. auch die Brennweite oder die Blende ungewollt verstellt werden. Um das zu umgehen, setzt man sogenannte Schärfezieheinrichtungen¹⁷⁴ ein. Diese bieten neben der komfortableren Bedienbarkeit weiterhin auch den Vorteil, dass neben festen Fokusebenen auch temporäre Schärfepunkte für die jeweilige Einstellung markiert werden können. Dann muss während der eigentlichen Szene nur nach den Markierungen auf der Schärfezieheinrichtung fokussiert werden. Bei der Arbeit mit einem Focus Puller gibt es ein weiteres Hilfsmittel, um die Gefahr des Verwackelns durch die Hand des Assistenten zu minimieren. Gemeint ist die sogenannte „Peitsche“, die eine elastische Verbindung zwischen der Hand des Focus Pullers und der Schärfezieheinrichtung herstellt, mit der der Assistent arbeiten kann, ohne Kamerabewegungen ungewollt zu beeinflussen.

Der aus dem professionellen Filmbereich stammende Einsatz von sogenannten Funkschärfern wird hier nicht betrachtet, da die Kosten für die Kamera 5D Mark 2 und gängige Modelle zur Fernfokussierung (etwa Arri WCU-3 mit 5000€) in keinem ausgewogenen Kostenverhältnis stehen und daher für die meisten DSLR-Produktionen nicht relevant sind. Eine detailliertere Betrachtung möglicher Support-Technik¹⁷⁵ erfolgt in *Kapitel 9.2*.

173 Aus dem Englischen: Schärfezieher

174 auch Follow Focus

175 Bezeichnet Technik, die um eigentliche Kameratechnik angesiedelt ist (z.B. Kamerakran, Steadicam, Dolly)

8. Labortests Canon 5D Mark II

In diesem Abschnitt soll versucht werden, die technischen Grenzen der Kamera zu veranschaulichen, um zu belegen, dass man bei der Arbeit mit der 5D bestimmten Einschränkungen unterworfen ist. Der anschließende praktische Test (*siehe Kapitel 9*) zeigt die relevanten Eigenschaften im Produktionsalltag. Bei den verwendeten Testtafeln handelt es sich um die 16:9-Standard-Test-Charts der Firma Image Engineering¹⁷⁶. Dabei entspricht der Aufbau den vorgegeben Parametern. Die Kamera befindet sich in einem 90-Grad-Winkel zur Testtafel und bildet diese möglichst bildfüllend ab. Günstigerweise wird hier eine Brennweite verwendet, die über der Normalbrennweite liegt, da weitwinklige Brennweiten zu einer Tonnenverzeichnung neigen. Zur Ausleuchtung der Testtafeln werden zwei Scheinwerfer jeweils 45 Grad zur Tafel positioniert. Die Farbtemperatur ist mit 3200K genormt.

Alle kamerainternen Bildparameter (Schärfe, Kontrast, usw.) wurden in eine neutrale Stellung gebracht, um zusätzlich Verfälschung durch die Kamera in Grenzen zu halten. Anschließend wurde ein manueller Weißabgleich mit der Kamera vorgenommen. Man hätte auch eine automatische Einstellung von 3200K wählen können, aber ein manueller Abgleich entspricht eher der praktischen Anwendung. Alle Signale wurden zunächst mit der Kamera aufgezeichnet und anschließend im Avid importiert. Die Betrachtung der Waveform-Darstellung erfolgte dann über die Software Adobe Premiere CS4¹⁷⁷. Leider stand kein HD-Messmonitor mit HDMI-Eingang zu Verfügung. Ein Vergleich des HDMI-Signals und des aufgezeichneten MPEG4-Videos wäre sehr interessant gewesen. Diesem Test steht allerdings auch im Weg, dass sich mit der Original-Firmware 2.0.8. kein Clear Video-Signal über den HDMI-Ausgang der 5D ausgeben lässt. Das Heranziehen des FBAS-Signals der Kamera, das über den AV-Ausgang ausgegeben wird, kam nicht in Frage, da es nicht vergleichbar mit dem aufgezeichneten HD-Signal ist.

8.1. Esser Siemensstern TE 148

8.1.1. Aliasing

Diese Testtafel wird dafür genutzt, das Auflagemaß der Kameras einzustellen. Sie eignet sich aber aufgrund der feinen Linienstruktur im Kreismittelpunkt auch sehr gut, ein auftretendes Moiré zu untersuchen. Die hohe Frequenz zwischen hellen und dunklen Linien führt zu einem recht deutlichen Aliasing, wie die Abbildung 18 verdeutlicht. Es zeigt sich ein Muster im Zentrum des Siemenssterns. Dieser Effekt tritt bei jeder digitalen Kamera aufgrund der regelmäßigen Struktur der Sensoren auf, wenn sehr feine

¹⁷⁶ <http://www.image-engineering.de/>

¹⁷⁷ Professionelles Schnittprogramm der Software-Firma Adobe

Strukturen abgebildet werden sollen. Zur Vermeidung werden Tiefpassfilter vor den Sensor geschaltet, die das Aliasing reduzieren, indem sie dafür sorgen, dass hohe Frequenzen, die das Shannonsche Abtasttheorem¹⁷⁸ verletzen würden, herausfiltern und das Bild „weichzeichnen“. Das Problem bei der 5D ist, dass der eingesetzte Aliasing-Filter für den Fotomodus mit seinen 21 Megapixeln optimiert ist¹⁷⁹. Da im Videomodus nicht die volle Pixelzahl genutzt wird, sondern die generierte Auflösung nur noch ca. 2 Megapixel beträgt, müsste auch der Filter viel gröber sein¹⁸⁰. Zur Lösung gibt es zwei theoretische Ansätze, die bei der 5D allerdings keine Anwendung finden. Die erste Möglichkeit wäre ein zweites Filter speziell für den Videomodus der Kamera. Dann müsste die Kamera zwischen den Filtern hin und her wechseln, je nachdem, ob fotografiert oder gefilmt wird. Das ist aufgrund erheblicher Mehrkosten unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten unrealistisch. Die zweite Möglichkeit wäre, das Bild in der vollen Auflösung zu verarbeiten und erst anschließend auf die HD-Auflösung herunterzurechnen. Die dafür erforderliche Hardware-Leistung kann der Prozessor der 5D nicht aufbringen.

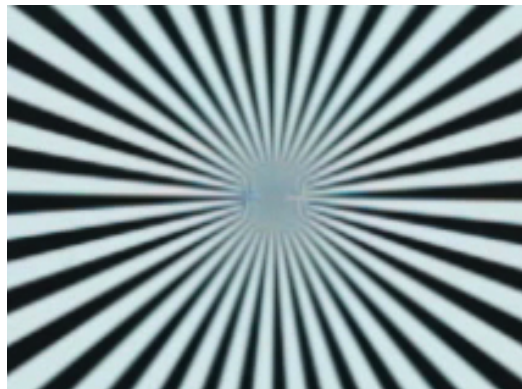


Abb. 18: Aliasing und Moiré im Zentrum des Siemenssterns

Damit ist in dem praktischen Einsatz der 5D zu beachten, dass feine Strukturen im Bild vermieden werden sollten. Besonders bei Fahrten oder Schwenks, wenn sich die farbigen Störungen auch noch bewegen, treten sie besonders auffällig hervor. Solange diese fein-strukturierten Flächen sich aber im unscharfen Hintergrund befinden, spielen sie keine Rolle. Um das Aliasing nicht noch zu verstärken, sollte die digitale Schärfenanhebung in den Bildstilen der Kamera reduziert werden.

8.1.2. Variofokalobjektive

Die verwendeten lichtstarken Optiken sind sehr hochwertig, aber sie wurden für die

¹⁷⁸ besagt, dass die höchste abgetastete Nutzfrequenz eines Signals kleiner als die Hälfte der Abtastfrequenz sein muss, damit es fehlerfrei reproduziert werden kann

¹⁷⁹ vgl. Digital Production, S. 53

¹⁸⁰ ebenda

Fotografie konstruiert. Ein Nachteil zeigt sich bei den verwendeten Zoom-Objektiven. Der Fokus in Weitwinkelstellung ist nicht der Gleiche wie in der Telestellung. Damit ist es nicht wie bei EB-Kameras möglich, optisch in das Bild zu zoomen, scharfzustellen und dann die passende Brennweite zu wählen. Stattdessen muss zuerst das Bild komponiert werden. Im Anschluss kann über die zweifache Displayvergrößerung in das Bild gezoomt und scharfgestellt werden. Im durchgeführten Test konnte aber aufgrund der geringen Entfernung von zwei Metern zur Testtafel kein Unterschied in der jeweils ermittelten Schärfe festgestellt werden. Ein weiterer Effekt zeigte sich hingegen recht deutlich. Bei Schärfeverlagerungen neigen die vorliegenden Objektive zum „atmen“. Das bedeutet, dass sich die Bildkanten leicht nach innen oder außen verschieben. Ein Effekt, der in der Fotografie bedeutungslos ist, im filmischen Bereich, wo Schärfeverlagerungen häufig als Stilmittel eingesetzt werden, kann das allerdings auch störend wirken.

8.2. Esser Color Sector Testtafel TE 233

Auf dieser Testtafel finden sich drei Reihen mit acht verschiedenen Abstufungen der Farben Rot, Blau und Grün. In einer vierten Zeile sind acht verschiedene Hauttöne dargestellt¹⁸¹. Anhand dieser Testtafel kann die Farbreproduktion der Kamera untersucht werden. Diese Tafel wird auch gern zur Korrektur in der Postproduktion eingesetzt. Dazu muss die Tafel am Set einmal unter den herrschenden Lichtbedingungen aufgenommen werden. Da der Korrekturspielraum bei MPEG allerdings recht klein ist, dient sie bei der 5D eher zu einer Kurvenanpassung vor der Produktion, je nach gewünschter Farbstimmung. Generell liegt der Einrichtung der Lichtstimmung eine kreative Entscheidung zugrunde, aber es lässt sich feststellen, dass die 5D zu einer übermäßigen Sättigung des Rotbereiches neigt. Bei Motiven mit vielen Rottönen empfiehlt es sich deshalb, die Sättigung etwas herabzusetzen. Die 5D hat auch bei den beiden hellen Hauttönen der Testtafel ihre Probleme in der Differenzierung. Auffällig sind diese geringen Unterschiede auch in den hellen Grüntönen. Mit steigender Blendenzahl nimmt die Differenzierbarkeit der hellen Töne zu. Das spricht dafür im Zweifel, eher etwas unterzubelichten, als das Risiko einzugehen, flächig erscheinende Farben in den hellen Bildbereichen zu erhalten.

8.3. Einfluss der Bildstile an Esser Testtafel TE 234

Mit Hilfe dieser Testtafel können Fehler untersucht werden, die bei der Quantisierung entstehen. Sie sind erkennbar an sichtbaren Sprüngen in den Farbübergängen¹⁸². Hier wurden die von Canon vordefinierten Kamerakennlinien miteinander verglichen. Canon bietet dem Nutzer an, um je nach Aufnahmesituation gute Ergebnisse zu erzielen. Die Modi nennen sich „Standard“, „Porträt“, „Landschaft“, „Neutral“, „Natürlich“ und

181 Esser Test Chart Manual, Color Sector Test Chart 16:9, reflectance

182 Esser Test Chart Manual, Color Gradation Test Chart 16:9, reflectance

„Monochrom“. Diese Voreinstellungen kommen aus dem Fotoeinsatz, sind aber auch im Videomodus verfügbar. An den Testaufnahmen fällt auf, dass die 5D zu einer übermäßig gesättigten Grunddarstellung neigt. Besonders gravierend ist der Effekt in der Einstellung „Porträt“. Rot hingegen ist etwas schwach in der Sättigung. Die Stellung „Neutral“ wirkt dagegen recht flau in der Darstellung. Was deutlich ins Auge fällt, sind die recht klaren Abstufungen in den Farbübergängen. Das liegt an der 4:2:0-Unterabtastung der Chrominanz. Für Green-Screen-Aufnahmen und flächige Farbersetzungen ist die 5D folglich überhaupt nicht geeignet, da es dort auf recht genaue Farbselektionen ankommt.

Die 5D lässt aber auch das Abspeichern eigener Bildstile zu, die die Kamerakennlinie beeinflussen und je nach gewünschtem Look vom Kameramann vor der Produktion angepasst werden können.

8.4. Kontrastumfang durch Grautreppe TE 127

Zur Ermittlung des Kontrastumfangs unter möglichst realen Bedingungen wurde eine logarithmische Grautreppe von Esser verwendet. Da diese als Auflichttafel vorlag wurde ein Moiré aufgrund der Druckrasterung ausgeschlossen. Bei Durchlichttafeln kann diese Rasterung die Testergebnisse verfälschen¹⁸³. Auf der Tafel befinden sich untereinander zwei Felder mit jeweils horizontal angeordnet acht verschiedenen Grauwerten von 71% Remission im Weiß bis 1,4% Remission im Schwarz¹⁸⁴. In der Mitte der Tafel befinden sich links und rechts von einem weißen Feld mit einer Remission von 90% zwei tief-schwarze Felder mit einer Remission von weniger als 0,5%¹⁸⁵. Die Tafel wurde mit allen möglichen Blendenöffnungen (beginnend mit der Offenblende 1,4) aufgenommen. Die Ergebnisse wurden dann nach dem Import in Final Cut Express betrachtet. Dabei stellte sich heraus, dass erst ab Blende 2 eine Differenzierung zwischen den beiden hellsten Grautönen möglich ist¹⁸⁶. Für die dunkelsten Werte verhielt es sich so, dass bei Blende 11 gerade noch eine Unterscheidbarkeit zwischen dunkelstem und zweitdunkelstem Wert gegeben war. Der ohne Verlust an Helligkeitsinformationen in den Tiefen und Lichtern einstellbare Blendenumfang lag in dem Test bei 6 Blendenstufen. (Blende 2 bis Blende 11). Aus den jeweiligen Helligkeiten der oberen und unteren Graubalken wurden mit Hilfe von Photoshop¹⁸⁷ die Bildamplituden dieser für die ganzen Blendenstufen von 2 bis 11 ermittelt. Über ein Zusammenfügen aller gemessenen Luminanzwerte wurde eine graphische Darstellung erreicht, die den Kontrastumfang der 5D veranschaulicht.

¹⁸³ vgl. Diplomarbeit Andreas Pietschmann, S. 79/1

¹⁸⁴ Data Sheet zu TE 127 von Image Engineering

¹⁸⁵ ebenda

¹⁸⁶ siehe Anhang

¹⁸⁷ Bildquelle waren dabei aus Final Cut Express exportierte Standbilder

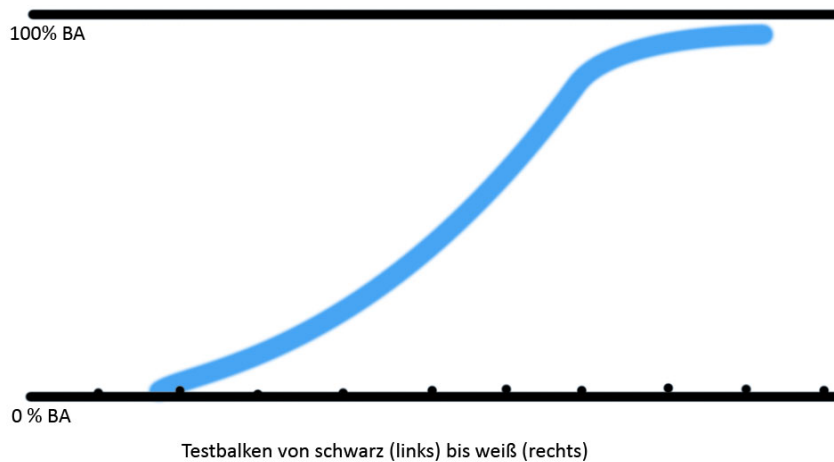


Abb. 19: ermittelte Kennlinie der 5D¹⁸⁸

Dabei wird festgestellt, dass die 5D Bildamplituden von 0% bis 100% darstellen kann. Der aus der PAL-Norm herrührende Abstand zwischen dunkelstem Grauwert von 2-3% und dem totalen Schwarz der Austastlücke wird hier nicht eingehalten. Bei einer sendefähigen Aufbereitung kann es folglich zu einer Beschneidung in den Schatten kommen. Auch ist erkennbar, dass die Kennlinie der 5D wenig linear verläuft, sondern eher s-förmig. Deutlich wird das eingestellte Knie in der Kennlinie, sowie der Black Stretch in den Tiefen. Damit wird ein abruptes Abschneiden sowohl im oberen als auch im unteren Luminanzbereich verhindert.

8.5. Rolling Shutter Effekt

Zum Nachweis des bekannten Rolling Shutter-Problems wurde die eine Testtafel in unterschiedlichen Geschwindigkeiten abgeschwenkt. Dabei wurde der störende Effekt um so sichtbarer, je schneller der Schwenk ausgeführt wurde und je bildfüllender die vertikale Kante war. Bei der dargestellten Abbildung handelt es sich um einen Schwenk von rechts nach links bei 200mm Brennweite. Die vertikalen Kanten im Bild kippen, wie erwartet, nach links.

¹⁸⁸ Die zugrundeliegenden Waveform-Bilder befinden sich im Anhang

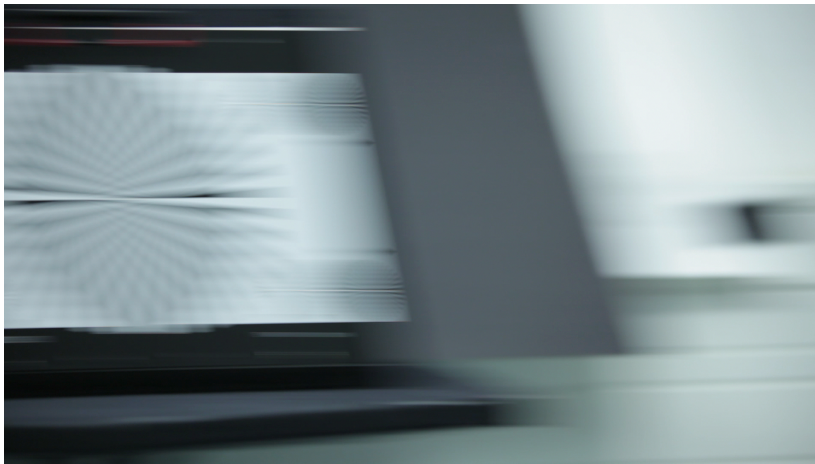


Abb. 19: Rolling Shutter bei schnellem Schwenk

Es gibt mittlerweile Plug-ins für verschiedene Schnittprogramme, die die Verzerrungen durch Interpolationen herausrechnen. Ein Beispiel ist „Rolling Shutter“ von The Foundry, das für AfterEffects verfügbar ist. Allerdings geht bei solchen softwareseitigen Bearbeitungen Schärfe im Bild verloren. Letztendlich sollten schnelle Objekte im Bild ebenso vermieden werden wie schnelle Kamerabewegungen.

8.6. Low Light¹⁸⁹

Leider lässt sich die native Empfindlichkeit des Sensors der 5D nicht genau bestimmen. Anhand der einstellbaren ISO-Äquivalenzen wird vermutet, dass sich die tatsächliche Empfindlichkeit zwischen 200 und 400 ISO bewegt. Für die RED One mit ihrem im Vergleich zur 5D kleineren Sensor wird eine native Sensorempfindlichkeit von 320 ISO angegeben. Für die Aufnahmen der Testtafeln wurde der ISO-Wert von ebenfalls 320 gewählt. Das war vollkommen ausreichend, um bei normaler Raumbelichtung die Testtafeln hell genug auszuleuchten. Auch in den nächtlichen Stadtaufnahmen bei der eine ISO-Äquivalenz von 3200 eingestellt war, bleibt das Kamerabild noch recht rauscharm. Hier bestätigt sich ihre in zahlreichen einschlägigen Internetforen und Fachzeitschriften gelobte „Low light“-Fähigkeit.

8.7. Schärfentiefe

An dieser Stelle werden die in *Kapitel 3* theoretisch ermittelten Ergebnisse einmal experimentell untersucht. Dazu wurde ein Maßband entlang der Kameraachse gelegt und dann bei unterschiedlichen Blenden auf einen vorgegebenen Abstand fokussiert (durch Ablesen der Fokusskala am Objektiv). Dann wurden zwei Dominosteine entlang der Achse von der fokussierten Entfernung von 2m nach vorn, bzw. hinten verschoben, dass diese gera-

¹⁸⁹ Aufnahmen unter schlechten Lichtbedingungen, z.B. ohne Scheinwerfer

de noch scharf abgebildet wurden. Der entsprechende Abstand ist das Ergebnis für die Schärfentiefe in Abhängigkeit der Blende.

Gegenstandsweite: 2m

Optik: 50mm, 1:1,4

Blende k	1,4	2	4	5,6	8
l_{a_h} l in cm	195	195	194	192	191
l_{a_v} l in cm	202	203	210	213	215
Schärfen tiefe in cm	7	8	16	21	24
<i>Experimentelle Ergebnisse für 5D</i>					

Tabelle 5: Schärfentiefe der 5D (gemessen)

Die Abweichung zwischen den in *Kapitel 3* berechneten Werten und der Messung ist so groß, dass nicht nur von Messfehlern (subjektive Einschätzung der Schärfe) die Rede sein kann. Der Grund hierfür ist sicherlich, dass u' einen anderen Wert annimmt als berechnet, da das Auslesen des Sensors nach dem Binning¹⁹⁰ funktioniert. Dabei werden immer 6 Pixel zu einem Bildpunkt zusammengefasst¹⁹¹. Somit sinkt das Auflösungsvermögen des Sensors. Die Schärfentiefe vergrößert sich.

Bei allen hier erfolgten Testaufnahmen stand, wie eingangs erwähnt, leider nur das gespeicherte Bildsignal zur Verfügung. Damit kann keine differenzierte Fehlerbeurteilung stattfinden, da der Prozess über das optische System, die Bildwandlung im Sensor, die Interpolation der Auflösung und schließlich die MPEG-Kompression führt. Um die bei MPEG4-Codierung aufgetretene Fehler zu analysieren, müsste man zum Vergleich das über den HDMI-Ausgang herausgegebene unkomprimierte Bild abgreifen und aufzeichnen und zum anderen das auf CF-Karte aufgezeichnete Signal. Allerdings stand kein geeigneter Rekorder mit HDMI-Eingang zur Verfügung. Weiterhin ist unklar, inwiefern das über HDMI ausgegebene Signal nicht schon komprimiert ist.

¹⁹⁰ Zusammenfassung benachbarter Pixel zu Pixelblock, Auflösungsvermögen u' sinkt, Lichtempfindlichkeit steigt

¹⁹¹ Digital Production, S. 51

9. Der mögliche Arbeitsablauf mit der 5D in der Praxis

9.1. Die Vorbereitung der Produktion

Die Schritte der Produktionsvorbereitung finden insbesondere dann statt, wenn die Technik von einem Verleiher kommt und dementsprechend jedes Mal neu vor dem Dreh getestet werden muss, um das Risiko etwaiger Ausfälle am Set zu minimieren. Aber auch hauseigene Technik muss regelmäßig vor einer Produktion getestet werden. Hier sollen nur die grundsätzlichen Dinge aufgeführt werden, die in der Vorbereitung zu erledigen sind. Jede Produktion ist natürlich ein individuelles Projekt mit spezifischen Anforderungen, auf die hier nicht im allgemeinen eingegangen werden kann.

Bei dem Einsatz einer Schärfzeiheinrichtung muss überprüft werden, ob die Beschriftung der Skalenringe mit den Gravuren am Objektiv bzw. mit den tatsächlichen Schärfepunkten übereinstimmen. Ein großes Problem stellen dabei die beiden im Rahmen dieser Arbeit eingesetzten Zoom-Optiken dar¹⁹². Bei ihnen handelt es sich um Variofokalobjektive¹⁹³. Das bedeutet, dass der Fokuspunkt nicht über alle Brennweiten konstant bleibt. Damit ist ein Zoomen nicht möglich, ohne die Schärfe nachziehen zu müssen. Wenn nicht klar ist, mit welcher Brennweite die Optiken am Set eingesetzt werden, stellt die Markierung am Skalenring ein Problem dar. Sie können damit aber nur für eine bestimmte Brennweite vorgenommen werden und später als grobe Orientierung über alle Brennweiten dienen. Später sollten in der jeweiligen Einstellung temporäre Markierungen für die unterschiedlichen Schärfepositionen vorgenommen werden. Auf Zooms mit Variofokalobjektiven sollte generell verzichtet werden. Bei Festbrennweiten müssen im Idealfall nur die Gravurstellungen am Objektiv auf den Skalenring übertragen werden. Allerdings kann es vorkommen, dass die Gravuren für die Schärfepunkte nicht mit den gemessenen Schärfepunkten übereinstimmen. Das liegt am fehlerhaften Auflagemaß des Objektivs. Allerdings gibt es keine Stellschraube zum Justieren wie bei EB-Kameras. Stattdessen muss das Objektiv kulminiert werden. Dabei werden sehr dünne Ringe am hinteren Objektivende zwischengeschoben und so der richtige Abstand zum Sensor hergestellt. Diese Prozedur ist nur mit spezieller Ausrüstung möglich. In der Praxis prüft man das Auflagemaß und die Fokuspositionen mit einem Siemensstern. (siehe Kapitel 8.1.) Dann sollte man die gemessenen Schärfepunkte auf dem Skalenring markieren. Mit ausreichend Zeitabstand vor der Drehbeginn sollten auch alle Akkus auf ihren Ladezustand überprüft werden. Wenn unbekannt ist, wie lange die Akkus im Videomodus halten, sollte auch das in einem Testlauf überprüft werden, da die Herstellerangabe meist ideale Bedingungen zu Grunde legen. Wenn ein Drehplan vorliegt, sollte man auch Überlegungen hinsichtlich des erforderlichen Speicherbedarfs anstellen.

¹⁹² HD-Filmen mit der Spiegelreflex, S. 42

¹⁹³ trifft für die meisten Zoom-Optiken im Fotobereich zu

Neben der Menge an Einstellungen ist dabei auch das Drehverhältnis¹⁹⁴ entscheidend. Grundsätzlich sollte aber immer ein Puffer eingeplant sein. Bei der Arbeit mit der 5D ist auch sinnvoll, sich bereits vor der eigentlichen Produktion auf einen Look zu festzulegen. Wenn man z.B. sehr kalte Farben erreichen möchte, sollte man das bereits am Drehort bewusst mit einem entsprechenden Weißabgleich realisieren, um die nachträgliche Farbkorrektur so gering wie möglich zu halten.

Bei der Arbeit mit der 5D im Reportagebereich, wo ein zügiges Reagieren statt dem geplanten Agieren einer szenischen Produktion notwendig ist, erleichtern die zahlreichen Preset-Möglichkeiten der 5D die Arbeit wesentlich. Damit kann man beispielsweise von einem gut ausgeleuchteten Interview bei Kunstlicht schnell in die abendliche Lowlight-Situation wechseln, ohne in zahlreichen Menüoptionen, die entsprechenden Einstellungen zu ändern. Die 5D bietet dazu drei verschiedene Speicherplätze die, einmal abgespeichert, sehr schnell über das Wahlrad unter C1, C2 und C3 erreichbar sind. Abgespeichert werden alle u.a. videorelevanten Kameraeinstellungen wie Shutter, Blende, ISO-Wert, Weißabgleich, Tonpegel, Fokus-Modus. Ein Preset-Bsp. für eine typische Interview-Situation findet sich im Anhang dieser Arbeit.

9.2. Die Produktion

9.2.1. Einstellungskontrolle

Bei besonders wichtigen Einstellung ist es sinnvoll, nach der Einrichtung eine Testaufnahme durchzuführen und diese anschließend auf dem Set-Laptop zu überprüfen¹⁹⁵. Bei dem im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Praxistest traten bei nächtlichen Stadtaufnahmen beispielsweise Lensflares durch Lateren auf, die auf dem kleinen Kameradisplay nicht auffielen, im Nachhinein aber das Bild störten. (siehe Beispielvideo 1 und Anhang) Der entstehende Mehraufwand durch eine zusätzliche Bildkontrolle ist gerechtfertigt, wenn dadurch ein unbrauchbares Bild oder eine aufwendige Korrektur in der Postproduktion vermieden werden kann. Hier zeigt sich aber auch, dass die 5D nicht für große Sets geeignet ist, da dort jede Minute Stillstand mit großen Kosten verbunden ist.

9.2.2. Stativaufnahmen

Stativaufnahmen liefern natürlich ruhigere Bilder. Zwar ist es gerade im dokumentarischen Reportagestil nicht möglich, für jede Einstellung ein Stativ aufzubauen, aber gene-

¹⁹⁴ Verhältnis von gedrehten Minuten und letztendlich verwendeter Länge des Materials, aufwendige Spielfilme können ein Drehverhältnis von 20:1 haben

¹⁹⁵ HD-Filmen mit der Spiegelreflex, S. 101

rell sind solche Aufnahmen freihändigen vorzuziehen, da gerade auf den mit HD verbundenen größeren Ausgabeformaten verwackelte Bilder sehr schnell störend wirken. In den praktischen Versuchen kam das relativ leichte EB-Stativ DV4 der Firma Sachtler zum Einsatz. Für weitwinklige Aufnahmen war das völlig ausreichend. Aber bei einigen Nachtaufnahmen bei 200mm Brennweite traten im Rohmaterial plötzlich Bildvibrationen auf, die im kleinen Kameradisplay am Drehort nicht registriert wurden. Hier wirkt sich das geringe Kameragewicht sehr nachteilig aus, da die Kamera sehr empfindlich auf Windstöße und Bodenvibrationen reagiert. Der Rolling Shutter der 5D führt hier darüber hinaus zu einem Jelly-Effekt¹⁹⁶. Zur Vermeidung benötigt man ein massiveres Stativ, etwa Sachtler System Cine 75. Derartige Stative bringen ein mit der Stabilität einhergehendes hohes Eigengewicht mit sich, was sie nur für geplante szenische Produktionen interessant macht.

Für eine Interviewsituation erwies sich das verwendete EB-Stativ als sehr brauchbar. Fokussiert wurde zwar manuell, aber auch die anderen beiden Modi mit dem AF-Messfeld und der Gesichtserkennung funktionieren in dieser Standardsituation einer TV-Produktion gut. Ein externes Mikrofon wurde direkt an die Kamera angeschlossen. Der Ton wurde mit einem kurzen Ansprechen des Interviewpartners eingepegelt. Und anschließend wurde aufgezeichnet. Bei längeren Interviews kommt der Nachteil der 5D zum Tragen, dass maximal 12 Minuten zusammenhängend aufgezeichnet werden können. Deshalb sollte der Kameramann nach etwa neun Minuten eine beendete Antwort abwarten, die Aufnahme kurz stoppen und wieder starten. Soll die Frage des Interviewers auch im O-Ton mit der Kamera aufgezeichnet werden, kann man durch ein kurzes Signal an den Interviewer mitteilen, dass dieser 2-3 Sekunden wartet, bevor er die nächste Frage stellt.

Generell ist zu sagen, dass die 5D genauso wie viele andere DSLRs nicht für lange Live-Mitschnitte (z.B. Konzertaufnahmen) geeignet ist. Nach 12 Minuten wird die Aufnahme unterbrochen und muss manuell neu gestartet werden. Außerdem stellte Kameramann Erik Schimschar fest, dass die Warnanzeige während eines längeren Interviews vor Überhitzung der Kamera warnt¹⁹⁷.

9.2.3. Die Tonaufzeichnung mit der 5D

Die bester Variante der Tonaufzeichnung ist der Einsatz eines externen Rekorders. In filmischen Produktionen ist das ohnehin das übliche Verfahren. Dabei ist sichergestellt, dass man keinen Beschränkungen durch die 5D unterworfen ist. Außerdem kann man sich mit der Kamera freier bewegen, als wenn ständig eine Kabelverbindung zum SQN hergestellt sein muss. Da das nachträglich Synchronisieren aber sehr zeitaufwendig sein

¹⁹⁶ Vertikale Bildstachungen durch das zeilenweise Auslesen des Sensors im Rolling-Shutter-Verfahren

¹⁹⁷ persönliches Gespräch vom 6. 12. 2010

kann, kommt es für bestimmte Produktionen nicht in Frage. Deshalb soll an dieser Stelle noch kurz auf eine Möglichkeit der professionellen Tonaufzeichnung mit der 5D eingegangen werden.

Der Klinkenanschluss lässt zwei Kanäle zu, die aufgezeichnet werden können. Das heißt, es kann entweder ein Stereomikrofon angeschlossen werden oder zwei Monomikrofone. Mit einem Adapter von zwei XLR-Buchsen auf 3,5mm-Stereo-Klinke lässt sich einmal ein externes Atmomikrofon für die Kamera anschließen und zum anderen ein SQN. Damit ist mit einem Tonassistenten eine vernünftige EB-Tonaufnahme möglich. Auf dem linken Kanal wird dann die Atmo vom externen Kameramikrofon aufgezeichnet, auf dem rechten Kanal die O-Töne, die über das SQN kommen. Es gibt Hersteller, die schwingungsgedämpfte Mikrofonhalterungen für das Atmo-Mikrofon anbieten, die am Blitzschuh der DSLR-Kameras befestigt werden können. Der damit aufgezeichnete Ton ist wesentlich besser als der über das im Kameragehäuse befindliche Elektretmikrofon aufgezeichnete, da dort auch alle Bediengeräusche direkt mit übertragen werden (z.B. Zooms und Fokusänderungen). Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass sich der Signalpegel in der Kamera nicht für die einzelnen Kanäle einstellen lässt, sondern nur für das Gesamtsignal. Sinnvollerweise sollte hier der Ton vom SQN höher gewichtet werden und der Aufnahmepegel an diesen angepasst werden. Damit kann der Atmopegel unter Umständen zu leise oder zu laut sein.

Eine noch bessere Variante ist der Einsatz eines speziellen regelbaren XLR-Adapters wie dem BEACHTEK DXA-5DA, der wie ein Batteriegriff unter die Kamera geschraubt werden kann. Daran lassen sich zwei Tonquellen mit XLR-Anschluss (z.B. Atmo-Mikrofon und SQN oder direkt an eine Angel) anschließen. Die Pegelung erfolgt hier separat für jeden Kanal und das Ganze wird dann an bereits im richtigen Verhältnis über die 3,5mm-Stereo-Klinke an die Kamera übertragen. Dort kann das Signal je nach Bedarf noch in der Summe korrigiert werden.

Die eleganteste Lösung der Tonaufzeichnung bleibt dennoch die externe Tonaufzeichnung. Auf ein automatisiertes Verfahren zur Synchronisation im Schnitt wird im Kapitel 9.3.3. hingewiesen.

9.2.4. Steadycam

Es wurden einige Steadycam-Aufnahmen mit dem Handyman 100 – Balance-System der Firma ABC durchgeführt. Als zusätzliche Stabilisierung für Kamerafahrten wurde ein Standard-Federarm vom Typ Easy Flex, ebenfalls von der Firma ABC, genutzt. Für alle Aufnahmen wurde ein 24-70 L USM- Objektiv mit durchgängiger Offenblende 2,8 gewählt, da weitwinklig gearbeitet werden sollte, um Verwacklungen zu minimieren. Allerdings ist auch mit Zoom-Objektiven auf Steadycam kein schnelles Ändern der Brennweite möglich, da sich dabei der Schwerpunkt der Kamera erheblich verlagert. Damit ist das erneute Ausbalancieren der Kamera über die Gegengewichte nicht nur

nach einem Objektivwechsel erforderlich, sondern auch beim bloßen Ändern der Brennweite von Zoom-Objektiven. Das verwendete 24-70mm-Objektiv hat im weitwinkligen Bereich ein höheres Übergewicht nach vorn, da die vordere Linsengruppe dorthin verschoben wird. Generell machen lichtstarke Optiken einen erheblichen Teil des Kameragewichtes aus. Um eine frontales Absenken des Systems zu verhindern, macht es Sinn, das Kameragehäuse so weit hinten wie möglich auf die Slate¹⁹⁸ zu setzen. Störend wirkte in den Versuchen die Tatsache, dass an der Bodenplatte, die an die Kamera geschraubt werden muss, eine Metallnase hervorsteht. Das ist ein Standard unter Videokameras. An denen ist an entsprechender Stelle eine Vertiefung im Gehäuse. Damit wird ein seitliches Verdrehen der Kamera ausgeschlossen. Die 5D besitzt kein solche Vertiefung. Um vernünftig mit dem Balance-System arbeiten zu können, muss die Nase entfernt werden, damit die Kamera vollkommen auf der Bodenplatte aufliegen kann. In den Versuchen musste aber hingenommen werden, dass die Kamera vorn leicht nach oben gekippt blieb. Das wurde durch die Anpassung mit den Gegengewichten ausgeglichen, was aber bei gerader Kamera gleichzeitig eine leichte Schrägstellung des gesamten Slates zur Folge hatte.

Einmal eingerichtet, lassen sich mit dem System einigermaßen stabile Fahrten realisieren. Im Versuch wurde eine laufende Person verfolgt. Dabei blieb der Abstand zwischen Kamera und Rücken der Person und Kamera von einem Meter annähernd gleich. Mit offener Blende von 2,8 zeichnen sich aber leichte Unschärfen durch den nicht exakten Abstand ab. Deshalb wurde auf eine Blende 5,6 bei einem Shutter von 1/30 Sekunde gewechselt, was den Schärfenbereich vergrößerte und Unschärfen während der Kamerafahrt beseitigte. Seitliche Fahrten parallel zu einer laufenden Person erwiesen sich als sehr kompliziert, weil der Blick auf den Monitor an der Kamerarückseite nicht gut möglich war. Gänzlich unmöglich sind Gänge mit gleichzeitiger Schärfeverlagerung¹⁹⁹. Für den Einsatz der 5D mit Steadycam bedeutet das, dass der Abstand zum fokussierten Objekt immer gleich bleiben sollte, wenn dieses scharf abgebildet werden soll. Zufahrten sind damit ausgeschlossen. Derartige Situation lassen sich nur mit einem Dolly und einer Schärfenzieheinrichtung realisieren. Allerdings stand derartige Technik im Rahmen dieser Arbeit nicht zur Verfügung.

9.2.5. Weiterer Support

Das geringe Gewicht der 5D im Vergleich zu professionellen Videokameras kommt unter anderem bei der erhältlichen Supporttechnik zum Tragen. Neben dem hochschuleigenen

¹⁹⁸ Eigentliches Balancesystem einer Steadycam, neben Federarm und Weste eines von den drei Hauptbestandteilen

¹⁹⁹ Der Einsatz eines Funkschärfesystems wurde unter dem Gesichtspunkt der kostengünstigen Produktion nicht betrachtet

Leichtkran der Marke ABC ist auch der recht komfortable Einsatz als Snorri-Cam²⁰⁰ möglich, weil die Schauspieler dann keine schweren Filmkameras tragen müssen. Es gibt auch eine interessante Verwendung für Überflugaufnahmen²⁰¹, die mit schweren Kameras nur sehr viel teurer zu realisieren sind. Generell lässt sich sagen, dass mit geringerem Kameragewicht verbundene Supporttechnik leichter konstruiert werden kann und im Einsatz günstiger ist. Bei Außenaufnahmen und Wind wirkt sich dies aber nachteilig aus, wie bereits angeführt wurde. Weiterer Support sind sogenannte Rigs, die essentiell sind, wenn DSLRs geschultert werden sollen. Hersteller wie Kessler bieten zudem spezielle Schienensysteme an, die für das geringe Gewicht von DSLRs ausgelegt sind. Dabei wird die Schiene auf zwei Stative gebaut. Das System lässt sich auch zum Jibarm²⁰² umbauen, was vielfältige Nutzungsmöglichkeiten eröffnet.

9.2.6. Daten sichern, Akkus laden am Set

Im dargestellten Workflow wurden die Daten direkt von der Kamera via USB auf eine externe Festplatte (ebenfalls USB) übertragen. Genutzt wurde ein MacBook mit einem 2,4GHz-DualCore-Prozessor. Als Betriebssystem wurde dabei MAC OS Snow Leopard genutzt. Die 5D wird vom System aber nicht als Festplattenlaufwerk erkannt. Um die Daten kopieren zu können, muss der Dialog „Digitale Kamera“ geöffnet werden, mit dessen Hilfe die Clips selektiert und in einen gewählten Ordner importiert werden können. Nachteilig an dieser Methode ist, dass es weder auf dem Kameradisplay, noch auf dem Laptop-Bildschirm einen Statusbalken der Übertragung gibt. Einzig die blinkende LED auf der Kamerarückseite signalisiert, dass der Kopiervorgang noch läuft. Um 6GB Videodaten von der 5D zu kopieren, wurden 10 Minuten und 40 Sekunden benötigt, was eine Datenrate von 9,6MB/s bedeutet. Genutzt wurde dabei eine Sandisk EXTREME III-CF-Karte, die eine maximale Lesegeschwindigkeit von 30MB/s besitzt. Ein Testversuch, bei dem die gleichen Daten direkt auf die Laptop-Festplatte kopiert wurde, dauerte genauso lange. Es ist also unnötig, noch schnellere CF-Karten zu benutzen, da die Limitierung bei der Datenübertragung von der Kamera bei etwa 10MB/s liegt. Zum Sichern der Daten am Set sollten die Ordnernamen den Rollenummern im Cutterbericht²⁰³ entsprechen. Das muss im Vorfeld einer Produktion geplant und festgelegt werden, damit die Daten später schnell zugeordnet werden können und nur wirklich in Frage kommende Takes in den Schnitt gelangen. Für die Datensicherung sollte nicht nur eine Festplatte verwendet werden. Zur hohen Ausfallsicherheit empfiehlt sich zusätzlich ein mobiles Raid-0-

200 Kamera wird am Körper des Protagonisten befestigt und auf ihn gerichtet. Sie hält eine fixe Position zu ihm, während er sich durch eine Einstellung bewegt.

201 <http://www.digitalcameratracker.com/diy-hellicam-nbelievable-areal-videos>

202 kleiner Seilzugkran für simulierte Dollyfahrten

203 Am Set erstellte Tabelle mit Vermerken zu einzelnen Takes, wichtigster Eintrag „Kopierer“ / „Nicht-Kopierer“

System²⁰⁴. Das Sichern der Daten am Set setzt grundsätzlich die Verfügbarkeit von Netzstrom voraus. Aus diesem Grund liegt es auch nahe, dass am DIT-Arbeitsplatz auch alle leeren Akkus geladen werden.

9.3. Die Postproduktion

Über dieses Kapitel könnte man eine eigene Abhandlung verfassen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit kann nur auf grundlegende Merkmale des Kameramaterials und der Bedeutung für die Postproduktion eingegangen werden. Es wurde bereits mehrmals angeführt, dass das von der 5D erzeugte Videomaterial mit einigen Problemen für die Postproduktion behaftet ist. Im Folgenden wird auf die grundsätzlichen Fragen des Umgangs mit dem Material nach dem Dreh eingegangen. Mit der aktuellen Firmware erlaubt die Kamera jetzt auch Bildraten von 25fps, was umständliche Bildratenkonvertierungen für eine TV-Auswertung überflüssig macht. Allerdings wird der H264-Codec der Kamera nicht von allen Schnittprogrammen nativ unterstützt. In dem Fall ist eine Konvertierung des Materials vor dem Schnitt erforderlich. Exemplarisch wird das für den Schnitt auf Mac (Final Cut Express) und Windows (Avid Media Composer, Premiere Pro CS4) gezeigt.

9.3.1. Import der Daten in Final Cut Express (Mac)

Zum Schnitt in Final Cut Express (FCE) müssen die Videodaten zunächst auf einer Festplatte zur Verfügung stehen. Der „Loggen und Übertragen“-Dialog im Programm selbst, mit dem Kameradaten normalerweise importiert werden, funktioniert mit der 5D nicht. Stattdessen wurden die mov-Dateien über den Dialog „Digitale Bilder“ auf einen angelegten Projektordner (z.B. „..._5D_h264“) auf eine externe Festplatte übertragen. Das geschieht meistens bereits am Set, so dass die Daten bereits auf Festplatte vorliegen. Die von der CF-Karte importierten mov-Daten sind, wie bereits beschrieben, mit dem Codec H.264 komprimiert. Um in FCE problemlos damit arbeiten zu können, müssen alle Dateien umkonvertiert werden. Apple empfiehlt für den HD-Workflow mit FCE den Apple Intermedia Codec. Zur Wandlung kann das kostenlose Programm MPEG-Streamclip²⁰⁵ verwendet werden. Dazu wird das Programm gestartet, anschließend wählt man unter dem Reiter „Listen“ die Option „Aufgabenliste“. Dort importiert man seine zu wandelnden Videodaten und wählt den neuen Speicherort aus. Dabei ist eine Bezeichnung „..._5D_apple_intermedia“ sinnvoll. Im anschließenden sich öffnenden Auswahlfenster wählt man den Apple Intermedia Codec und setzt die Audiobitrate auf die standardmäßigen 48 KHz der 5D. Da das Material bereits progressiv vorliegt, muss „de-interlacen“ deaktiviert werden. Alle übrigen Einstellungen stimmen. An dieser Stelle lassen sich über „Presets“ die aktuellen Einstellungen speichern und für künftige Wandlungen nutzen. Die Wandlung

²⁰⁴ Die Daten werden dabei auf zwei Festplatten gespiegelt

²⁰⁵ Freeware zur Wandlung von Videodaten (www.squared5.com)

von 8,13GB Videomaterial dauerte im Praxistest auf einem Mac Book mit 2,4 Ghz Dual-Core-Prozessor 36,5 Minuten. Die neu entstehende Datenmenge betrug 11,1GB. Dieser Mehrbedarf an Speicherplatz und natürlich auch an Zeit muss in der Produktionsplanung berücksichtigt werden. Nach der Wandlung wird FCE gestartet und ein neues Projekt geöffnet. Über den Import-Dialog wird der Ordner mit den gewandelten Clips importiert. Es macht Sinn, die Projektdatei in den selben Ordner zu legen wie die Videodaten. Mit dieser Vorgehensweise wird sicher gestellt, dass man mit verschiedenen Rechnern an dem Projekt arbeiten kann, wenn der Ordner auf einer externen Festplatte vorliegt. Zusätzlich sollte aber noch eine Sicherheitskopie auf einer zweiten Festplatte (optimaler Weise Raid-0-System²⁰⁶) angelegt werden, falls das nicht bereits am Set geschehen ist.

Ein Offline-Schnitt²⁰⁷ ist mit dem Material der 5D nicht ohne weiteres möglich, da es keinen professionellen Timecode besitzt. Er lässt sich aber über einen Umweg dennoch realisieren, was bei größeren Projekten sinnvoll ist, da selbst bei leistungsstarken Rechnern mit zunehmender Projektgröße auch die Renderzeiten steigen. Zum Offline-Schnitt mit der 5D kann das Material der Kamera nach der Wandlung in den Apple Intermedia-Codec erneut über MPEG-Streamclip konvertiert werden. Dazu kann man zum Beispiel eine SD-Auflösung wählen und zum Rohschnitt ausschließlich dieses Material verwenden. Wenn der Rohschnitt fertig ist, wählt man über die Option „Medien erneut verbinden“ die erstellten HD-Clips im Intermedia-Codec aus. Dazu ist es vorteilhaft, wenn alle Clips eines Codecs in einem Ordner liegen. FCE erkennt dann automatisch die neu zu verbindenden Clips, weil die Dateinamen der HD- und SD-Clips identisch sind. Nach einem einmaligen kurzen Rendern steht dann das HD-Material in der Timeline zur Verfügung.

Sollten beim Import von Clips in die Timeline sofort rote Render-Balken über dieser auftauchen, besitzt das Ausgangsmaterial nicht den richtigen Codec für das Projekt. Dies ist z.B. der Fall, wenn das Material der 5D ohne vorherige Wandlung in den Apple Intermedia Codec in ein Projekt importiert wird. Bei einer 100%-Ansicht des entsprechenden Clips im Canvas-Fenster tauchen dann starke Artefakte auf, die auch nach einem Rendern nicht verschwinden.

9.3.2. Import der Daten in Avid und Premiere (Windows)

Sowohl Avid Media Composer als auch Adobe Premiere CS4 haben ebenfalls Schwierigkeiten mit den rechenintensiven H264-Daten der 5D. Eine Wandlung erfolgt in Windows am besten in Avid DNxHD -Codec. Die Vorgehensweise vor der Wandlung der Daten un-

206 hardware-gekoppelte Festplatten, die gespiegelt sind, hohe Ausfallsicherheit

207 Üblicher Workflow, um lange Rechenzeiten zu vermeiden. Dabei werden zunächst alle Clips in niedrigerer Auflösung in das Schnittprogramm importiert und erst am Ende durch die originalen Filmdaten in nativer Auflösung ersetzt

terscheidet sich nicht von der auf dem Mac (*siehe Kapitel 9.3.1.*) und wird an dieser Stelle nicht aufgeführt. Im Praxistest wurde das mit dem Programm TMPGENC 4.0 Xpress realisiert. Als Rechner wurde ein Mac Pro mit 3,25GB RAM und 3GHz-Dualcore-Prozessor genutzt, auf dem Windows installiert war. Die Wandlung eines Testclips von 1:16 min Länge in Avid DnxHD-120-8Bit dauerte zwei Minuten.

Einmal im Schnitt, kann ganz wie gewohnt mit den Videodaten umgegangen werden. Jedoch sollte man die Einschränkungen in der Farbkorrektur beachten, da Farben nicht selektiv geändert werden können. Auch sollte man beachten, dass man bei einer geplanten TV-Auswertung über die finale Sequenz ein Filter „sendefähige Farben“²⁰⁸ legt, da die 5D wie bereits aufgeführt im dunklen Bereich nicht den genormten Abstand zur Austastlücke einhält.

9.3.3. Der Ton im Schnitt

Da der Ton des internen Mikrofons der 5D für professionelle Zwecke kaum zu verwenden ist, wird wohl in vielen Fällen zumindest ein externes Mikrofon angeschlossen worden sein, wenn die Aufzeichnung nicht sogar vollständig extern stattgefunden hat. Ist dies der Fall, steht man im Schnitt zunächst vor dem Problem der Synchronisation zwischen Bild der 5D und Ton des externen Rekorders. Das kann manuell anhand der Audiokurven des Kameratons und des externen Tons geschehen. Dieses Verfahren ist sehr aufwendig und besonders bei umfangreicheren Produktion sehr zeitintensiv. Leichter wird das Verfahren, wenn bei der Produktion eine Klappe geschlagen wurde und der externe Ton an das Bild der 5D ganz klassisch angelegt werden kann. Ist das nicht der Fall, kann man auch Programme einsetzen, die das externe Tonmaterial automatisch an das 5D-Material anlegen. Dafür ist es aber unbedingt erforderlich, dass auch der mit der 5D intern aufgezeichnete Ton vorhanden ist. Als Beispiel dafür sei das Programm PluralEyes²⁰⁹ von Singular Software genannt, das es aber nur für Final Cut Pro, Adobe Premiere und Vegas gibt. Avid-Nutzer müssen ihre Clips zuvor in das eigenständige Programm DualEyes importieren und anschließend synchronisiert wieder zurück ins Avid importieren.

208 Führt zu einer Begrenzung auf diejenigen Farben und Helligkeitsabstufungen, die der Fern sehnorm entsprechen

209 <http://www.singularsoftware.com>

10. Die 5D am Set professioneller Videoproduktionen

Nach der technischen Betrachtung der Canon 5D Mark 2 hinsichtlich ihrer Videofunktionalität soll dieses Kapitel einmal beispielhaft veranschaulichen, bei was für Film- und Fernsehproduktionen digitale Fotoapparate in welcher Form eingesetzt werden. Damit soll neben den technischen und ergonomischen Untersuchungen auch der tatsächliche Einsatz in der freien Wirtschaft nicht vernachlässigt werden. Generell ist der Trend bemerkbar, dass sehr viel Werbung derzeit mit der 5D produziert wird. Grund dafür ist der bestechende Filmlook zu geringem Preis. Qualitätseinbußen werden dabei hingenommen²¹⁰.

10.1. TV-Spielfilmproduktion „Mein Land (AT)“

Im Sommer 2010 realisierte die Produktionsfirma Constantin Television GmbH im Auftrag von RTL den Spielfilm „Mein Land (AT)“. Dabei handelt es sich um ein sehr actionreiches Format. Gedreht wurde ausschließlich digital auf zwei RED ONE -Kameras und einer 5D Mark II. Dabei übernahmen die REDs die Rollen der A- und B-Kamera, die die meisten Einstellungen gleichzeitig in zwei Größen aufzeichneten und somit zu einer Zeitersparnis beitrugen. Der Ton wurde, wie im Film üblich, extern über ein Audio Device aufgezeichnet. Bei sehr aufwendigen Action-Szenen, die einer langen Vorbereitungszeit bedurften und deshalb nicht oft wiederholt werden konnten, wurde zusätzlich die 5D eingesetzt, um eine dritte Kameraperspektive zu haben. Dabei wurde die DSLR ausschließlich statisch eingesetzt. Eingerichtet wurde sie vom ersten Kameramann²¹¹ Gerhard Schirlo²¹² so, dass sie dann vor jedem Take nur noch ausgelöst wurde, ohne dass das Bild live über einen Monitor kontrolliert werden konnte. Bei der für die Elektronik gefährlichen Einstellungen kam die 5D als sogenannte Crash-Cam²¹³ zum Einsatz. Bei Explosionsszenen, wo auf Grund der Hitzeentwicklung ein bestimmter Mindestabstand zur Szene zum Schutz der Technik und natürlich auch der Mitarbeiter der Kameraabteilung notwendig ist, eröffnete die 5D gute Möglichkeiten. Sie wurde sehr viel näher als die beiden Hauptkameras an die Szene platziert. Mit Molton wurde das Gehäuse vor zu großer Hitze geschützt. Da sie unbemannt eingesetzt wurde, waren Aufnahmen aus der unmittelbaren Gefahrenzone des Feuers möglich. Bei diesem Anwendungsbeispiel kam vor allem der im Vergleich zu Filmkameras relativ geringe Kaufpreis zum Tragen, da man einen Ausfall der Kamera durch einen Defekt als Risiko akzeptierte.

²¹⁰ Diese Informationen wurde mir von einem DIT unter zwei weitergegeben

²¹¹ Auch D.P. (Director of Photography, aus dem Englischen: Verantwortlicher für Bildgestaltung)

²¹² Deutscher Kameramann, u.a. Bildregie für „Wickie und die starken Männer“ 2009, „Der Wixxer“ 2004

²¹³ Meist günstige kleine Kameras, die in Gefahrenbereiche einer Action-Szene platziert werden, bei Defekt entsteht nicht gleich riesiger finanzieller Schaden wie bei Filmkamera

Einige Einstellungen wurden allerdings ausschließlich mit der 5D gedreht. Es gab eine ganze Reihe von Dialogszenen im fahrenden Auto. Da im Auto selbst sehr wenig Platz war, kam die RED für Innenaufnahmen nicht in Frage. Aber auch Außenaufnahmen vom Auto während der Fahrt sind mit großen Kameras nur durch Tieflader (siehe *Abbildung 20*) sehr aufwendig und teuer zu realisieren. Hier bot die 5D aufgrund ihrer geringen Größe und geringen Gewichts die Möglichkeit, sie einfach an der Karosserie des Fahrzeuges zu befestigen. Dazu wurden einfach zwei Saugfüße über einen Magic Arm miteinander verbunden und auf der Motorhaube befestigt.



Abb.20: Möglichkeiten von Fahraufnahmen

Zur Bildkontrolle wurde der AV-Ausgang der Kamera genutzt. Der Monitor befand sich im hinteren Fahrzeugbereich. Da es sich bei dem Spielfahrzeug um ein SUV handelte, bot er ausreichend Platz für Kameramann, Tonmeister und Regisseur. Bei einer kleineren Waggengröße hätte diese Produktionsweise sicher zu Schwierigkeiten geführt. Eine Infrarot-Fernbedienung zur Fernauslösung fehlte an dieser Stelle. Deshalb musste die Kamera vor jedem Take von außen per Hand ausgelöst werden. Auch gab es keinerlei Möglichkeit, das Bild während der Aufnahme zu korrigieren, was aber bei diesen statischen Aufnahmen kein Problem darstellte.

Die 5D kam auch bei Unterwassereinstellungen zum Einsatz. Hier spielten natürlich auch wieder das geringe Gewicht und die geringe Größe eine Rolle, was zum einen dem Operator die Arbeit erleichtert. Darüber hinaus sind kleinere Unterwassergehäuse auch günstiger im Verleih als ein großes Gehäuse wie es für die RED notwendig gewesen wäre. Die 5D hat also bei dieser Produktion Einstellungen ermöglicht, die man zu gleichen Kosten mit einer Filmkamera nicht hätte realisieren können und stellte dadurch eine sehr sinnvolle Ergänzung zu den beiden Hauptkameras dar.

10.2. Die Dokumentation „Die Chefärzte des Charité“

Neben der Anwendung als Zusatzkamera gibt es aber auch mutige Projekte, die sich ausschließlich auf eine DSLR als Videokamera stützen. Das Beispiel der für Arte produzierten

214 <http://www.mcc-fahraufnahmen.de/index.php?low-loader-ii>

215 Eigene Quelle

Dokumentation „Die Chefärzte des Charité“ aus diesem Jahr von Regisseur Yousif Al-Chalabi zeigt, dass der Trend mittlerweile auch die öffentlich-rechtlichen Fernsehanstalten erreicht hat. Die hier zum Einsatz gekommene Canon EOS 7D ist hinsichtlich ihrer Videofunktionalität durchaus mit der 5D vergleichbar. Ihr Sensor hat geringere Abmessungen²¹⁶, dennoch liegt er über der Größe von 35mm-Film. Aufgezeichnet wurde bei der Produktion im Format 1080p25. Grund für den Einsatz einer DSLR waren der geringe Platz am Drehort und das Ziel, möglichst „unauffällig“ zu drehen²¹⁷. Der Filmemacher dringt schließlich in sehr sensible und vor allem auch sterile Bereiche eines Krankenhauses vor. Dabei hat er weniger Zeit zum Einrichten als in szenischen Produktionen. Deshalb wurde ein Großteil des Materials ohne Stativ gedreht. Hier war die 7D aufgrund ihrer geringen Größe sehr leicht auch in enge Ecken zu platzieren. Dem Regisseur war es wichtig, die Schärfe innerhalb einer Szene zu selektieren, um den Blick des Zuschauers besser auf wesentliche Details zu lenken²¹⁸. Vergleichbare Ergebnisse wären nur mit sehr viel voluminöseren und schwereren Filmkameras möglich gewesen. Diese hätte man aber weder in engen Ecken platzieren, noch auf lange Zeit freihändig tragen können. Außerdem beschreibt Al-Chalabi, dass er mit einer großen Kamera zuviel Aufmerksamkeit auf sich gezogen hätte²¹⁹. Für dieses dokumentarische Werk war die Unauffälligkeit der Vorteil der DSLR. Diese Unauffälligkeit kann aber nicht nur bei der beobachtenden Kamera helfen, auch ist es speziell für Independent-Produktionen interessant. Ihnen wird es ermöglicht, e-Shots²²⁰ von öffentlichen Plätzen zu bekommen, für die nur sehr schwer Drehgenehmigungen zu bekommen sind. Eine Fotokamera wirkt wenig nach Filmproduktion.

10.3 Der Einsatz als Fotokamera

Die bisher aufgeführten Anwendungsbeispiele basieren ausschließlich auf der HD-Videofunktion von DSLRs. Fakt ist, dass digitale Spiegelreflexkameras aber schon viel früher für Spezialeffekte in aufwendigen Filmproduktionen zum Einsatz gekommen sind. Dabei nutzte man die mit 35mm-Film vergleichbaren hohen Auflösungen der Fotos aus. Bei dem bekannten „Matrix-Effekt“²²¹ aus dem gleichnamigen Film aus dem Jahr 1999 wurden mehrere Kameras auf einer Kreisbahn um die Schauspieler aufgebaut. Während diese dann in die Luft sprangen, wurden die Kameras dann zeitgleich ausgelöst. Später wurden die Bilder der unterschiedlichen Kameras in einer Timeline nach ihrer Position

216 Abmessungen: 25,1mm x 16,7mm

217 Interview mit Yousif Al-Chalabi auf slashcam.de (<http://www.slashcam.de/artikel/Interviews/Erste-90-Minuten-Doku-fuer-arte-u-ARD-auf-Canon-EOS-7D.html#Einle>, Abruf: 10. 9. 2010

218 ebenda

219 ebenda

220 Establishment Shots (aus dem Englischen: Eröffnungseinstellung): Vermittelt Zuschauer den Wechsel des Handlungsortes

221 Auch Bullet-Time-Effekt

geordnet zusammengefügt. Das Resultat wirkt wie eine Kamerafahrt um eine in extremer Zeitlupe ablaufende Szene.

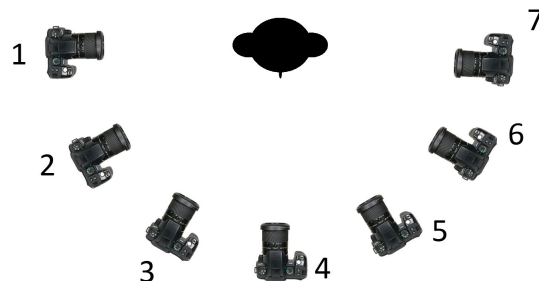


Abb. 21: Schematischer Aufbau für Bullet-Time-Aufnahme

Im dargestellten Beispiel befindet sich der Schauspieler in der Mitte der im Halbkreis angeordneten Fotokameras. Die Apparate werden in Serienbildfunktion ausgelöst. Über eine Interpolation werden die Einzelbilder der einzelnen Kameras von (hier 1 bis 7) später im Schnitt zu einer Filmsequenz zusammengesetzt. Das Ergebnis ist umso besser, je dichter die Kameras aufgestellt werden.

Eine anderes Beispiel bei dem die Fotofunktion filmische genutzt wurde, ist ein BBC-Natur-Dokumentation von 2007, bei der eine Kamerafahrt rückwärts durch eine Naturlandschaft stattfindet, während einzelne Pflanzen im Zeitraffer wachsen.

Dazu wurde eine Nikon D200 am Originalschauplatz auf einer Schiene²²² installiert. Die Kamera wurde anschließend über eine Schiene bewegt und in bestimmten Abständen ausgelöst. Die Umgebung wurde anschließend präzise vermessen und sehr detailliert in einem Blue-Screen-Studio, inklusive der Schiene für die Kamera nachgebaut. Die jungen Pflanzen wurden an festgelegten Punkten eingepflanzt. Der Fotoapparat wurde über einen festgelegten Zeitraum durch ein Motion-Control-System über die Schiene bewegt und in Intervallen ausgelöst. Die Bewegung war dabei so langsam berechnet, dass die Pflanzen im Studio wuchsen. Später wurde das Rohmaterial von den Naturaufnahmen als Hintergrund mit den Studioaufnahmen der wachsenden Pflanzen kombiniert. Eine derartige Zeitrafferaufnahme wäre „on location“ wegen wechselnden Lichtverhältnissen und Witterungsbedingungen nicht realisierbar. Gewesen. Hier fiel die Entscheidung auf einen Fotoapparat wegen der viel höheren Auflösung gegenüber einer Videokamera, was ein sehr viel genaueres Keying des Studio-Blue-Screens ermöglicht. Um das gewünschte Ergebnis in der 15 Sekunden langen Sequenz zu realisieren, waren etwa zwei Jahre Arbeit notwendig.

Dennoch sind DSLRs in Kombination mit einer Zeitsteuerung eine interessante Möglichkeit, Kamerafahrten mit Zeitraffern zu verbinden – auch ohne den enormen

²²² ähnlich einem Cine Slider

Aufwand, der hier betrieben wurde. Eine Möglichkeit ist Cine Slider der Firma Kessler Cranes²²³. Dabei handelt es sich um eine Art Mini-Dolly²²⁴, der auf dem Stativkopf befestigt wird (*siehe Anhang*). Neben manuellen Fahrten durch Schieben der Kamera über die Schiene ist auch eine Bewegung über einen Riemenantrieb durch eine manuelle Kurbel oder einen Elektromotor möglich. Damit lassen sich sehr ruhige, verwacklungsfreie Fahrten realisieren. Ein Beispiel dafür sind die sehr kunstvollen Bewegtbildaufnahmen²²⁵ des Kameramanns Tom Guilmette. Der optionale Motor lässt sich sehr langsam einstellen²²⁶, sodass auch ein Serie von Standbildaufnahmen als Footage für eine Dollyfahrt im Zeitraffer genutzt werden kann. Hierzu muss eine geeignete Möglichkeit gefunden werden, die Kamera in definierten, konstanten Zeitabständen automatisch auszulösen. Das ist sicherlich eine interessante Anwendung, die man hinsichtlich ihrer Funktionalität und des Workflows noch näher untersuchen müsste. Da es in dieser Arbeit primär die Videografie mit DSLRs geht, wird das Verfahren hier nicht weiter ausgeführt.

223<http://www.kesslercrane.com>

224Schiensystem für Kamerafahrten

225<http://www.vimeo.com/8689564> (ab 3:17 min)

226<http://www.kesslercrane.com>

11 Notwendige Ausrüstung und entstehende Anschaffungskosten

Nachdem in dieser Arbeit ausführlich auf Vor- und Nachteile sowie entstehende Anwendungsgebiete für DSLR-Videografie gesprochen wurde und anhand praktischer Versuche konkrete Arbeitsweisen vorgestellt wurden, wird im folgenden Kapitel die notwendige Technik zusammenfassend dargestellt. Die Hochschule Mittweida besitzt bereits eine gute Basis an Technik, die sich gut eignet für Videoproduktionen mit der DSLR.

11.1. Der Body und Rig

Zum einen besitzt die Hochschule einen Kamerabody inkl. eines Batteriegriffes und zwei Akkus. Da die Videofunktion mehr Strom benötigt als das Fotografieren, sind zwei zusätzliche Akkus, bzw. ein Powerpack sicher eine sinnvolle Ergänzung zur Stromversorgung. Wie in der Einleitung dieser Arbeit bereits angesprochen, ist das Kameragehäuse zum Fotografieren konzipiert. Es gibt eine ganze Reihe von Möglichkeiten, das Ganze für das Videofilmen zu optimieren. Ein großes Manko ist das Fehlen eines Suchers im Videomodus. Speziell bei Außendrehn am Tag ist der Blick auf das Kameradisplay durch das helle Umgebungslicht erschwert. Abhilfe schafft ein LCD-Viewfinder, den Hersteller wie iDC²²⁷ oder Zaguto²²⁸ anbieten. Dieser ermöglicht einen ungestörten Blick auf das LCD-Display der Kamera. Je nach Perspektive ist es für den Kameramann nicht immer möglich, einen freien Blick auf das Display der Kamera zu bekommen. Außerdem ist dieses bei 5D nicht, wie bei einigen anderen DSLRs, schwenkbar. Damit ist der Einsatz eines externen Monitors erforderlich, um das Bild kontrollieren zu können oder dem Regisseur ein Bild zu liefern. Das Problem bei der 5D ist, dass weder HDMI noch das analoge Composite-Signal über Klinkenstecker den aktuellen Profi-Video-Standards entsprechen. Dort kommen meist BNC-Stecker zum Einsatz. Die Auswahl möglicher Monitore wird deshalb erheblich eingeschränkt. Es gibt z.B. die 7"-Monitore der Marke Marshall, die einen HDMI-Eingang haben. Dabei handelt es sich um professionelle Videomonitore, die vollständig kalibrierbar sind, das Videosignal lässt sich durchschleifen und kann noch weiter verwendet werden (z.B. an Regie-Monitor für Rückspiel). Der Preis von etwa 1000\$US ist aber im Verhältnis zur restlichen Ausrüstung recht hoch. Eine kostengünstigere Lösung sind Produkte der Marke Liliput. Ein 7"-HD-Monitor mit HDMI-Eingang kostet dort etwa 220€. Dieser ist ein Consumer-Gerät und lässt sich nicht präzise kalibrieren. Das Signal lässt sich auch nicht durchschleifen, was für große Produktion ungeeignet ist, da dort üblicherweise eine extra Videoausspielung für den Regisseur gefordert wird. Die Schärfe dürfte anhand des Displays gut zu beurteilen sein. Zumindest stellt das Display laut Herstellerangaben die volle HD-Auflösung dar. Damit ist es besser als das interne Kameradisplay, das eine maximale Auflösung von etwa 1180

²²⁷ <http://www.idcphotography.com>

²²⁸ <http://www.zaguto.com/Z-Finder.html>

664 Pixeln²²⁹ (16:9) hat.



Abb. 22: Bsp. für eine modifizierte DSLR mit LCD-Viewfinder, externem Mikrofon und Schulterstütze

Stativaufnahmen sind mit keinen größeren Problemen verbunden. Die Kamera kann einfach mit einer entsprechenden Bodenplatte auf ein vorhandenes Videostativ gesetzt werden. Um sich freier mit der Kamera zu bewegen, bedarf es allerdings etwas zusätzlicher Ausrüstung, da eine DSLR aufgrund ihrer geringen Größe nicht geschultert werden kann. Die Hochschule besitzt mit der Steadycam ABC-Handyman 100 bereits ein gutes Werkzeug. Sie eignet sich nicht nur zu „Kamerafahrten“, sondern ist auch nur mit der Slate²³⁰ (ohne Weste und Arm) einsetzbar und wirkt sich förderlich auf die Stabilisierung von Freihandaufnahmen aus (siehe Kapitel 9.2.4). Um mit der Kamera noch flexibler arbeiten zu können, ist ein Rig mit verschiedenen Griffmöglichkeiten empfehlenswert. Solche gibt es in unterschiedlichen Ausführungen und Preisklassen. Eine gute Lösung wäre eine Variante, die Froschperspektiven und Schultern der Kamera erlaubt. Das heißt, sie sollte sowohl über einen Griff oberhalb der Kamera verfügen und ein Geweih²³¹ haben. Es sind aber auch weniger große Aufbauten erhältlich, mit denen gut gearbeitet werden kann. Ein Geweih-Rig der Firma redrockmicro²³² kostet etwa 500€. Wie im Anhang der Arbeit nachgewiesen wird, kann man aber auch deutlich günstiger derartige mechanische Supporttechnik herstellen, wenn man die grundsätzlichen Anforderungen daran kennt.

11. 2. Optik und Filter

Weiterhin gibt es an der Hochschule bereits eine gute Abdeckung an lichtstarken Brennweiten mit 24-70mm- und 70-200mm-Zoomobjektiven (beide mit durchgängiger²³³ Offenblende 2,8) und einer 50mm-Festbrennweite mit einer maximalen Blendenöffnung von 1,4. Damit lassen sich die meisten Einstellungsgrößen realisieren. Denkbar wären noch Spezialobjektive wie ein Fish-Eye²³⁴, oder eine Tilt-Shift-Optik (respektive ein Lens-

²²⁹ berechnet auch Herstellerangaben für LCD-Auflösung von 920 000 Pixeln

²³⁰ Stabilisierungsspendel (neben dem Federarm und der Weste wichtiger Bestandteil einer Steadycam)

²³¹ Kameratragesystem, bei dem der Operator die Kamera schultert und an zwei Griffen vor sich festhält

²³² <http://www.redrockmicro.com>

²³³ bei preisgünstigen Zoom-Optiken nimmt die maximale Blendenöffnung mit Zunahme der Brennweite ab

²³⁴ extremes, unkorrigiertes Weitwinkelobjektiv mit bis zu 180°-Bildwinkel

baby), mit dem die Schärfenebene gekippt werden kann. Wichtiger als die Erweiterung des Objektivbestandes ist aber die Anschaffung von Filtern. Hier ist vor allem ein ND--Filtersatz von z.B. 2-,4- bis 8-fach wichtig. In der Fotografie setzt man diese Filter ein, um selbst in heller Umgebung mit geöffneter Blende zu belichten oder Langzeitbelichtungen am Tag zu realisieren. Im Videobereich kann man ohne diese Graufilter bei hellem Tageslicht nicht mit Offenblende arbeiten. Das ist aber essentiell, um die charakteristische filmische Anmutung der Bilder zu erhalten. Einige Videokameras wie auch die Panasonic-HVX verfügen über fest verbaute Einschubfilter. Bei der 5D ist es notwendig, den Filter entweder direkt auf das Objektiv zu schrauben oder optional einen Einschubfilter für ein eventuell eingesetztes Kompendium zu verwenden. Es gibt auch variable ND-Filter, die durch zwei lineare Pol-Filter realisiert werden, die gegeneinander verdreht werden und dementsprechend mehr oder weniger Licht durchlassen. Damit ist ein schnelleres Anpassen der Optik an die Umgebungshelligkeit möglich, was besonders bei dokumentarischer Produktionsweise ein Vorteil sein kann. Allerdings ist aus früheren Fototests mit einem Vari-ND-Filter im weitwinkligen Bereich bekannt, dass ein deutliches Moiré auftreten kann. Das liegt sicher an der auftretenden Lichtbeugung, da die Konstruktion mit einem engmaschigen Gitter vergleichbar ist.

Qualitativ gute Ergebnisse, die unabhängig von der Blende oder der Filterstellung sind, erreicht man nur durch echte ND-Filter. Da die Optiken unterschiedliche Filtergewindedurchmesser besitzen, braucht man verschiedene Filtergrößen. Für das 70-200mm-Objektiv und das 24-70-Objektiv werden Filter mit 72mm Durchmesser gebraucht, für die 50mm Festbrennweite 58mm. Ein ND-Filtersatz von 2-, 4- und 8-fach kostet für 72mm Durchmesser etwa 150€. Denkbar ist auch die ausschließliche Anschaffung von Filtern mit 72mm Durchmesser. Es gibt spezielle Adapter, mit denen diese Filter dann auf Optiken kleineren Durchmessers geschraubt werden können. Dann wird aber ein Kompendium fast unverzichtbar, da die normale Gegenlichtblende und der größere Filter nicht gleichzeitig an einer Optik befestigt werden können.

Ein weiteres interessantes Filter ist ein Netzfilter. Dabei handelt es sich um eine Netzstruktur zwischen zwei Glasplatten. Es stammt aus den frühen Tagen des Filmmachens, als Kameramänner Netze vor das Objektiv spannten, um ein weicherer Bild zu bekommen²³⁵. Sicher kann man damit auch das starke Aliasing der 5D im Videomodus (*siehe Kapitel 8.1.1.*) reduzieren, da feine Strukturen weichgezeichnet werden. Welches Filter für den Sensor der 5D die besten Ergebnisse erzielt, müsste untersucht werden.

11.3. Das Kompendium

Die Fotooptiken werden meist mit dazugehörigen Gegenlichtblenden ausgeliefert. So

235 The Camera Assistant's Manual, S. 29

gibt es auch zu den beiden Zoom-Optiken der Hochschule bereits diese Streulichtblenden. Diese verhindern auf die Frontlinse treffendes Licht und minimieren sogenannte Lens-Flares²³⁶. Allerdings wird bei der Videofunktion nicht der gesamte Sensorbereich genutzt (siehe Kapitel 3). Damit verhalten sich auch die Brennweiten anders²³⁷. Es gibt einen leichten Crop²³⁸. Die Gegenlichtblenden sind aber für die Fotografie optimiert und unter Umständen nicht ganz ausreichend beim Videodreh. Komfortabler für szenische Produktionen ist ein Kompodium mit frei beweglichen Toren. Damit kann der Lichteinfall auf die Frontlinse von Take zu Take schnell und sehr präzise verhindert werden. Ein spezielles Kompodium für DSLRs der Firma Genus kostet etwa 500€. Für weniger budgetierte Produktionen ist aber auch der zusätzliche Einsatz von Black Wrap²³⁹ zum Abschirmen des Streulichtes von Scheinwerfern oder Reflektoren möglich.

11.4. Follow Focus

Es wurde bereits ausführlich auf die extrem geringe Schärfentiefe der 5D eingegangen. Die erforderliche Präzision beim Fokussieren ist sogar größer als bei 35mm-Film. Das macht das Fokussieren zu einem Präzisionshandwerk.

An dieser Stelle wird ein zunächst ein kleiner Verweis auf die Notwendigkeit eines Assistenten als Focus-Puller²⁴⁰ begründet. Selbst wenn sich die Schärfentiefe im Bereich weniger Zentimeter bewegt, sollte der Kameramann sich vollkommen auf die Bildkomposition konzentrieren können. Natürlich ist der Einsatz einer zweiten Arbeitskraft hinter der Kamera ein Widerspruch zu dem Einsatzgebiet im Low Budget-Segment und zahlreiche Praxisbeispiele beweisen, dass es auch im „Ein-Mann-Betrieb“ funktionieren kann. Aber prinzipiell bedeutet die Tatsache, dass mit videofähigen DSLRs die Erzeugung des Filmlooks günstiger geworden ist, nicht, dass es einfacher geworden ist. Die geringen Toleranzen, was den Spielraum mit der Schärfe angeht, können Bilder sehr schnell unbrauchbar machen. Die manuelle Fokussierung setzt sehr viel Erfahrung und vor allem Übung voraus. Bei Zufahrten oder sehr dynamischen Szenen mit mehreren Schärfepunkten ist ein Assistent unbedingt notwendig.

Eine Variante zum Schärfeziehen ist der Follow Focus²⁴¹ der Firma redrockmicro, er kostet inkl. notwendiger Objektivringe und einer Peitsche ca. 600€. Um Fotooptiken über eine Schärfezieheinrichtung bedienen zu können, sind spezielle Zahnradringe²⁴² notwendig, die an der Optik befestigt werden müssen.

236 Bildfehler der durch Reflexionen im Linsensystem eines Objektivs entsteht, wenn helles Licht direkt auf die Frontlinse trifft

237 HD-Filmen mit der Spiegelreflex, S. 76

238 Aus dem Englischen: Formfaktor, der bezeichnet wie die Brennweiten sich im Vergleich zu dem Kleinbildformat verhalten

239 im Foto- und Videobereich oft eingesetzte schwarze, lichtdichte Aluminiumfolie

240 aus dem Englischen: Schärfezieher, Bezeichnung für 1. Kameraassistenten

241 aus dem Englischen: Schärfezieheinrichtung

242 auch Lens Gear genannt

11.5. Der Ton

In dieser Arbeit wurde diesem Bereich der Videoproduktion relativ wenig Beachtung geschenkt. Dabei ist klar, dass, wenn man nicht gerade einen Stummfilm oder ein Musikvideo dreht, ein vernünftiger Tonmitschnitt essentiell ist. Soll der Ton über die 5D mitgezeichnet werden, ist mindestens ein externes Mikrofon notwendig. Besser ist ein XLR-Adapter, wie er in *Kapitel 9.2.3.* beschrieben ist.

11.6. Kostenkalkulation

In folgenden Tabellen sind einmal die Kosten einer DSLR-Videoausrüstung aufgestellt worden. Die zugrunde gelegten Preise entsprechen dem aktuellen Stand vom Oktober 2010. Weiterhin wird berücksichtigt, welche Technik die Hochschule bereits zur Verfügung hat. Es wurde in zwei verschiedene Anschaffungsmodelle aufgeschlüsselt. Bei der ersten Variante handelt sich um die kostspieligere Methode, wo die DSLR in ihrer letztendlichen Ausstattung und Handling sehr ausgereift ist. Die zweite Variante geht einige Kompromisse ein. Sie ist speziell auf die Hochschule Mittweida zugeschnitten, da die bereits vorhandene Technik berücksichtigt wird. Zum Beispiel wird die Tonaufzeichnung durch die Kamera außen vor gelassen und eine externe Audioaufnahme vorausgesetzt. Auch wird auf ein Kompendium und ein Rig verzichtet. Die Lichtabschirmung muss dann am Set unter Umständen anderweitig erfolgen (z.B. mit Black Wrap). Das Rig hat mit der vorhandenen Steadycam-Plate der ABC-Handyman 100 einen recht hochwertigen Ersatz. Die Kalkulationen sind zweigleisig ausgeführt. Die „orangefarben“ hervorgehobene Ausrüstung ist durch die Hochschule neu anzuschaffen, die „schwarzen“ Teile sind bereits vorhanden im Medienbereich²⁴³. Abschließend zu dieser Kalkulation muss erwähnt werden, dass es natürlich einige Positionen gibt, die zusätzlich vorhanden sein müssen, damit ein Produktionsprozess in seiner Gesamtheit stattfinden kann. Sie wurden ausgelassen, weil sie nichts mit der DSLR-Produktion im engeren zu tun haben. Vielmehr sind es Voraussetzungen für professionelle Videoproduktionen im allgemeinen. So muss z.B. ein Set-Laptop verfügbar sein, auf dem die Einstellungen bereits während des Drehs kopiert und somit gesichert werden können. Außerdem setzt eine szenische Produktion ausreichend Lichtausrüstung (Lampen, Reflektoren, Diffuser usw.) voraus. Speziell bei Produktion mit externer Tonaufzeichnung ist eine Filmklappe sehr sinnvoll. Da die 5D keinen Free-Run-Timecode zur Synchronisation mit einer anderen Kamera oder einem Audio-Rekorder zulässt, ist eine Time-Code-Klappe²⁴⁴ eine sehr komfortable, aber teure Lösung. Ein vorhandenes Stativ mit Videokopf ist ebenso nicht mit aufgeführt. Das sind nur Beispiele, die zeigen, dass diese Kalkulationen mehr als eine Orientierungen zu verstehen sind und den tatsächlichen individuellen Bedingungen angepasst werden

²⁴³ allerdings nicht zwangsläufig im Fernsehbereich

²⁴⁴ Auf einer TC-Klappe läuft der aktuelle TC, der von prof. Audio-Rekordern generiert wird

müssen.

11.6.1. Variante 1 - Umfangreiche Ausstattung

	Position	Hersteller/Bez.	Händler	Preis
Kamera	Gehäuse	5D Mark II	shootmarket.com	1499,95€
	2 Akkus (original)	Canon LP-E6	amazon.de	145,96 €
	Powerpack	Switronix PowerBase 70	creativevideo.co.uk	288,02 €
	LCD-Sucher	Delamax by GGS LCD Displaylupe 3.0x	meinfoto.com	79,90 €
	7"-Monitor	Marshall V-LCD70XP-HDMI	zaguto.com	786,63 €
	Schulter- Rig	MicroShoulder Mount for 35mm Adapters Budle	redrockmicro.com	335,70 €
	Kompendium inkl. Flügel, 2 Rahmenhalter, Donut-Ringe	Matte Box Film-Kit	zionmaster.de	359,00 €
Zwischensumme für Hochschule				1849,25
Zwischensumme für Komplettanschaffung				3495,16

Optik + Zubehör	50mm Festbrennweite	Canon 50mm/1,4	amazon.de	347,89 €
	24-70mm Zoom-Objektiv	Canon 24-70mm/2,8 L USM	amazon.de	1039,00 €
	70-200mm Zoom-Objektiv	Canon 70-200mm/2,8 L USM	amazon.de	1055,99 €
	Fisheye-Objektiv	Canon 15mm 1:2,8 FE	amazon.de	734,98 €
	58mm ND-- Filtersatz (2, 4,	Haida Slim Graufilterset	amazon.de	46,90 €

	8)			
	72mm ND-- Filtersatz (2, 4, 8)	verschiedene	amazon.de	72,79 €
	Follow Focus	microFollowFoc usv2	redrockmicro.co m	390,10
	3 Zahnradringe	MicroLensGears Kit	redrockmicro.co m	95,56 €
	Peitsche	MicroWhip 12 inch	redrockmicro.co m	49,75 €
Zwischensumme für Hochschule				854,67 €
Zwischensumme für Komplettanschaffung				3297,55 €

Ton	Pegelbarer XLR- Adapter	Beachtek DXA- 5DA	marcotec- shop.de	406,98 €
	elast. Mikro-hal- terung für Blitz- schuh	Rode SM3	thomann.de	39,00 €
	Richtmikrofon	Rode NTG-2	thomann.de	193,90 €
	Kopfhörer	z.B. Sennheiser HD-25 BE	thomann.de	148,00 €
Zwischensumme für Hochschule				341,9
Zwischensumme für Komplettanschaffung				787,88

Datenspeicheru ng	1. CF-Karten 16GB	Sandisk Extreme	amazon.de	89,23 €
	2. CF-Karten 16GB	Sandisk Extreme	amazon.de	89,23 €
	1. CF-Karten 8GB	Sandisk Extreme	amazon.de	52,72 €
	2. CF-Karten 8GB	Sandisk Extreme	amazon.de	52,72 €
	CF-Kartenleser	Sandisk Extre- mate CF Firewi- re	amazon.de	74,99 €
Zwischensumme für Hochschule				141,95
Zwischensumme für Komplettanschaffung				358,89

Gesamtkosten für Hochschule	3187,77
Gesamtkosten für Komplettanschaffung	7939,48

Tabelle 6: Kosten für umfangreiche DSLR-Videoausrüstung

11.6.2. Variante 2 - Grundausrüstung

	Position	Hersteller/Bez.	Händler	Preis
Kamera	Gehäuse	5D Mark II	shootmarket.com	1499,95€ ²⁴⁵
	2 Akkus (original)	Canon LP-E6	amazon.de	145,96 €
	LCD-Sucher	Delamax by GGS LCD Displaylupe 3.0x	meinfoto.com	79,90 €
	7"-Monitor	Lilliput Model: 669GL-70NP/C	coollcd.com	118,84 €
	Schulter- Rig	MicroShoulder Mount for 35mm Adapters Budle	redrockmicro.com	335,70 €
Zwischensumme für Hochschule				534,44
Zwischensumme für Komplettanschaffung				680,4

Optik + Zubehör	50mm Festbrennweite	Canon 50mm/1,4	amazon.de	347,89 €
	24-70mm Zoom-Objektiv	Canon 24-70mm/2,8 L USM	amazon.de	1039,00 €
	70-200mm Zoom-Objektiv	Canon 70-200mm/2,8 L USM	amazon.de	1055,99 €
	58mm ND-- Filtersatz (2, 4, 8)	Haida Slim Graufilterset	amazon.de	46,90 €
	72mm ND--	verschiedene	amazon.de	72,79 €

²⁴⁵ Bei diesem Preis ist jedoch keine MwSt. inbegriffen, da es sich um einen britischen Anbieter handelt

	Filtersatz (2, 4, 8)			
	Follow Focus	microFollowFocusv2	redrockmicro.com	390,10
	3 Zahnradringe	MicroLensGears Kit	redrockmicro.com	95,56 €
	Peitsche	MicroWhip 12 inch	redrockmicro.com	49,75 €
Zwischensumme für Hochschule				655,1
Zwischensumme für Komplettanschaffung				3097,98

Ton	Adapter 2 x XLR-Buchse auf 1 x 3,5mm-Stereo-Klinke	Hosa CYX-402 F XLR-Adapter-Kabel – 0,6m	musikschmidt.de	12,95 €
	elast. Mikrohalterung für Blitzschuh	Rode SM3	thomann.de	39,00 €
	Richtmikrofon	z.B. Rode NTG-2	thomann.de	193,90 €
	Kopfhörer	z.B. Sennheiser HD-25 BE	thomann.de	148,00 €
Zwischensumme für Hochschule				51,95
Zwischensumme für Komplettanschaffung				393,85

Datenspeicherung	1. CF-Karten 16GB	Sandisk Extreme	amazon.de	89,23 €
	1. CF-Karten 8GB	Sandisk Extreme	amazon.de	52,72 €
	CF-Kartenleser	Techline TravelDrive USB 2.0	amazon.de	6,90 €
Zwischensumme für Hochschule				6,9
Zwischensumme für Komplettanschaffung				148,85

Gesamtkosten für Hochschule				1248,39
Gesamtkosten für Komplettanschaffung				4321,08

Tabelle 7: Kosten für grundlegende DSLR-Videoausrüstung

Die Kalkulation zeigt noch einmal recht deutlich, dass bereits für unter 8. 000€ eine Aus-rüstung zusammengestellt werden kann, mit der ein gutes Arbeiten möglich ist. Für die Hochschule Mittweida würde das eine erforderliche Investition in Höhe von etwa 3.200€ bedeuten, da die grundlegende Technik bereits vorhanden ist. Nach oben sind preislich natürlich kaum Grenzen gesetzt, aber diese Entwicklung steht im Widerspruch zum ur-sprünglichen Argument der kostengünstigeren Produktion. Deshalb wurde ein Rahmen gewählt, mit dem man im vierstelligen Bereich bleibt.

12. Zusammenfassung

Dass DSLRs kein Allheilmittel sind und sie professionellen Camcorder nicht ersetzen können, wurde in dieser Arbeit eingehend ausgeführt und begründet. Es wurde aber auch gezeigt, dass sie sich an einigen Stellen sehr gut in ein professionelles Produktionsumfeld einfügen lassen. Dabei sind die denkbaren Einsatzgebiete recht vielfältig. Ob Reportage, Musikvideo oder Spielfilm – solange man sich der technischen Begrenzungen der Kamera bewusst ist (Rolling Shutter, Aliasing, Kompression) und kritische Einstellungen vermeidet, können durchaus sehr gute Ergebnisse erzielt werden.

Es muss aber klar sein, dass es sich auch am Ende dieser Arbeit noch immer um einen Fotoapparat handelt und der Videoeinsatz sich zwar dank ausgereifter Zusatzausrüstung erleichtert, aber dennoch Kompromisse bleiben. Um zufriedenstellende Resultate erhalten zu können, muss sehr bewusst produziert werden. Denn die Reserven in der Postproduktion sind sehr begrenzt. Zum einen ist damit der sehr kleine Schärfebereich gemeint, mit dessen Hilfe man den Blick des Zuschauers bewusst lenken kann, zum anderen die gewünschte Farbstimmung, die man bereits am Set festlegen muss, da selektive Farbkorrekturen mit dem komprimierten Rohmaterial der SD nicht möglich sind. Allerdings kehren sich einige Nachteile unter dem Gesichtspunkt der Medienausbildung an der Hochschule durchaus in Vorteile. Denn dieser notwendigerweise erforderliche Workflow verhindert, dass die Kamera einfach dilettantisch „draufgehalten“ wird und dann später in der Postproduktion der Beitrag erst entsteht. Die DSLR-Videografie erfordert einen sehr bewussten Umgang mit Fokus, Perspektive und Einstellungsgröße. Das setzt ein gut geplantes und präzises Arbeiten voraus. Ein weiteres Argument für die Anschaffung ist die freie Wirtschaft, die letztendlich darüber entscheidet, was sich durchsetzt. Dort sind DSLRs speziell im Werbebereich für mittelständige Unternehmen sehr gefragt, weil sich mit ihnen ein ähnlich hochwertiges audiovisuelles Präsentieren der Firmen realisieren lässt, wie es bis dato nur hochbudgetierten Marketingabteilungen großer Unternehmen vorbehalten war.

DSLRs genügen allerdings noch nicht den Anforderungen an professionelle digitale Filmkameras. Das Fehlen von variablen Bildraten für Zeitlupen, eines vernünftigen Timecodes sowie eines schnittunfreundlichen Codecs stellen nur einige markante Probleme dar, die zurzeit in Kauf genommen werden müssen. Die ständigen Herstellerverbesserungen von aktuellen DSLRs, die sich meist auf die Videofunktionalität konzentrieren, zeigen, dass mittlerweile das enorme Potential dieses Segments entdeckt wurde. Auch die Entwicklung von Micro Four-Third-Kameras deutet auf einen Wandel des Videomarktes durch multifunktionale Foto- und Videogeräte hin. Dabei geht es vor allem um die Verknüpfung camcorder-üblicher Funktionen mit fotografisch geringer Schärfentiefe.

Bei aller vorherrschender Euphorie um den kostengünstig zu produzierten Filmlook, darf ein Aspekt nicht vernachlässigt werden. Das Erstellen eines guten Filmlooks ist dadurch keinesfalls einfacher geworden. Die fehlende Toleranz im Schärfebereich, die man aus dem Videobereich gewohnt ist, kann sehr filmisch wirken, aber auch sehr schnell zu unbrauchbaren Bildern führen.

Der Markt wird mit immer günstigeren Werkzeugen versorgt. Die bleibende Frage ist, ob es genug Fachpersonal gibt, das damit umzugehen weiß.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Teile, die wörtlich oder sinngemäß einer Veröffentlichung entstammen, sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde noch nicht veröffentlicht oder einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Martin Lechtschewski

Literaturverzeichnis

Bücher:

Schmidt, Ulrich: Professionelle Videotechnik. Grundlagen, Filmtechnik, Fernsehtechnik, Geräte- und Studioteknik in SD, HD, DI, 3D; 5. aktualisierte und erweiterte Auflage, Berlin, Heidelberg 2009

Heyna, Arne; Briede, Marc; Schmidt, Ulrich: Datenformate im Medienbereich, Digitale Signalformen, Datenreduktion, MPEG, Metadaten, Fileformate, AVI, Quicktime, MXF; Fachbuchverlag Leipzig, 2003

Elkins, David E.: The Camera Assistant's Manual, Third Edition, Focal Press, Woburn, USA, 3rd edition, 2000

Georg, Ottfried: Telekommunikationstechnik – Handbuch für Praxis und Lehre, Springer Verlag, 2. Auflage, 2000

Kraus, Helmut: HD-Filmen mit der Spiegelreflex, dpunkt-Verlag, 1. Auflage 2010

Capobussi, Maurizio: Fotografien leicht gemacht – Digital macht es möglich: Motvorauswahl, Bildausschnitt Licht, Beleuchtung; Kaiser Verlag, Klagenfurt 2005

Fachzeitschriften:

Plank, Uli: „DSLR als Konkurrenz für die RED One?“ in: Digital Production, 02/2010

Hochschulschriften:

Pietschmann, Andreas: DSLR-Cinematographie – Untersuchung der Praxistauglichkeit der Canon EOS 5D Mark II im professionellen Videobereich im Vergleich zur Sony PMW-EX3 – Diplomarbeit 2009

Kindermann, Clemens: Die RED in der Postproduktion, Bachelorarbeit 2010

Götz, Hans Joachim: Vorlesungsreihe HDTV aus Wintersemester Medientechnik 2009/2010

Sonstige Schriften:

Institut für Rundfunktechnik: Technische Richtlinien zur Herstellung von Fernsehproduktionen von ARD, ZDF und ORF, vorläufige Anforderungen 2, 2009

Pank, Bob: The Digital Fact Book, 20th Anniversary, Converged Media

Arnold und Richter Cine Technik, Arri Alexa User Guide, 2010

Furtner, Uwe: Farbverarbeitung mit Bayer-Mosaic Sensoren, 2001

Wüllner, Dietmar: CCD kontra CMOS, 2004

Canon Deutschland GmbH: Bedienungsanleitung EOS 5D Mark II (ab Firmware 2.0.0)

Canon Deutschland GmbH: Die Movie-Funktion der EOS 5D Mark II

Baumann, Elmar: Die Berechnung der Schärfentiefe in der Fotografie – Herleitung verschiedener Formeln, Moos, 1997

Internet:

Slash Cam (www.slashcam.de)

Cinema 5D (www.cinema5d.com)

Canon (www.canon.de)

Kessler Cranes (www.kesslercranes.com)

Arri (www.arri.com)

Amazon (www.amazon.de)

Wikipedia (www.wikipedia.de)

Redrockmicro (www.redrockmicro.com)

RED (www.red.com)

Constantin Television (www.constantin-television.de)

Das Erste (www.daserste.de)

Panasonic (www.proav-panasonic.net)

Olympus (www.olympus.de)
Nikon (www.nikon-highlights.de)
Switronix (www.switronix.com)
Image Engineering (www.image-engineering.de)
Digital Camera Tracker (www.digitalcameratracker.com)
Squared5 (www.squared5.com)
Singular Software (www.singularsoftware.com)
MCC Fahraufnahmen (www.mcc-fahraufnahmen.de)
Vimeo (www.vimeo.com)
IDC Photography (www.idcphotography.com)
Zaguto (www.zaguto.com)
Shootmarket (www.shootmarket.com)
Creative Video Co (www.creativevideoco.uk)
Mein Foto (www.meinfoto.com)
Zionmaster (www.zionmaster.de)
Marcotec Shop (www.marcotec-shop.de)
Thomann (www.thomann.de)
Cool LCD (www.coollcd.com)
Musik Schmidt (www.musik-schmidt.de)
Magic Lantern (www.magiclantern.wikia.com)

Anhang:

Inhalt:

Herleitung der Gleichungen zur Berechnung der Schärfentiefe

Esser-Testtafel TE127

Esser-Testtafel TE 233

Esser-Testtafel TE 234

Esser-Testtafel TE 148

Veranschaulichung Variofokalobjektiv mit Esser-Testtafel TE 148

Video-Preset am Beispiel einer geplanten Interview-Situation

Steadycam

DSLR-Dolly

DSLR-Rig

RED Scarlet

Hinweise zur beigefügten Daten-DVD

Herleitung der Gleichungen zur Berechnung der Schärfentiefe

Linsenabbildungsgleichung:

$$1/f = 1/g + 1/b$$

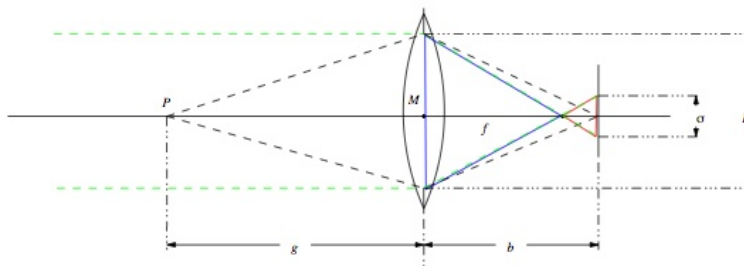


Abb.: Linsenabbildungsgleichung²⁴⁶

Gleichung zur Berechnung der hyperfokalen Entfernung:

$$dh = f^2 / (k \cdot u') + f$$

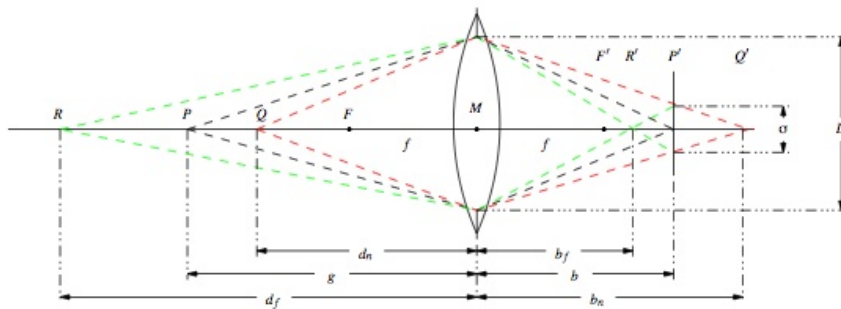


Abb.: hyperfokale Entfernung²⁴⁷

Gleichung zur Berechnung des Nahpunktes:

$$dn = (g \cdot dh) / (dh + (g - f))$$

Gleichung zur Berechnung des Fernpunktes:

$$df = (g \cdot dh) / (dh - (g - f)); \text{ wenn } dh > (g - f)$$

$$df = \text{unendlich, wenn } dh < (g - f)$$

²⁴⁶Wikipedia.de

²⁴⁷ebenso

Esser-Testtafel TE127

Helligkeit: 600lx

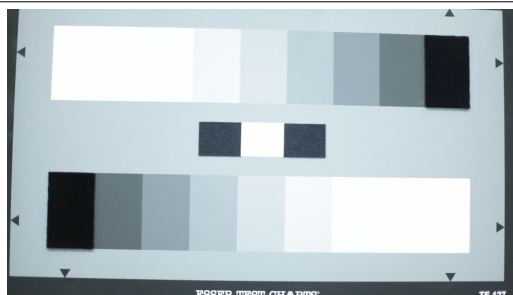
eingestellte ISO(ASA)-Äquivalenz: 320

Farbtemperatur: 3200K (manuell an Kamera eingestellt)

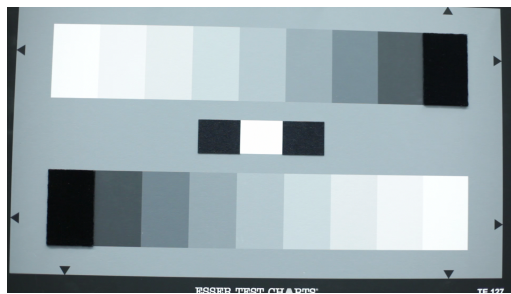
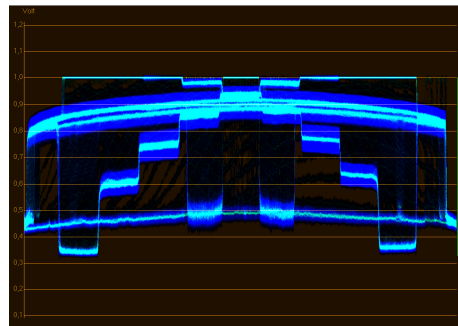
Framerate: 25fps

Brennweite 50mm

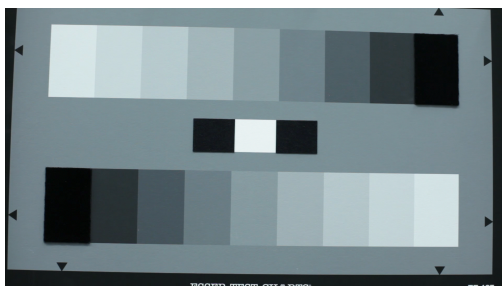
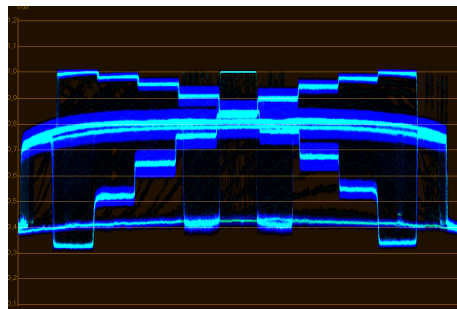
Vektoskopdarstellung über Software Adobe Premiere CS4 und Original-Kameradaten erhalten



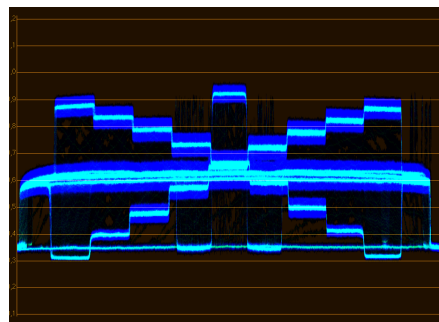
Blende 1,4

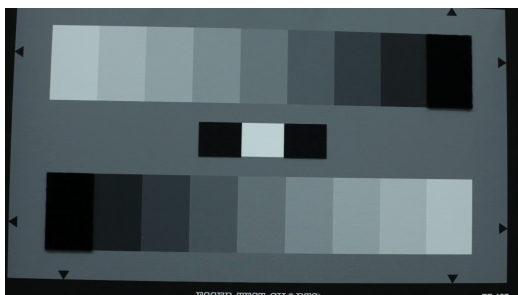


Blende 2

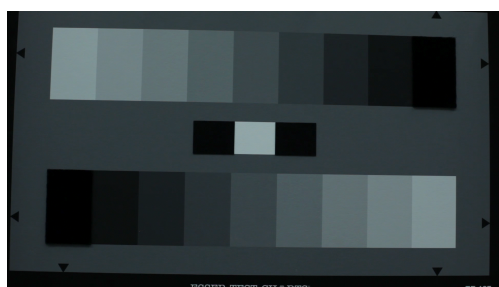
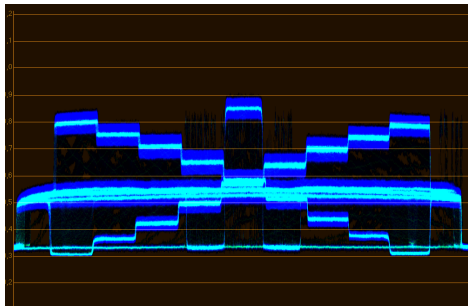


Blende 2,8

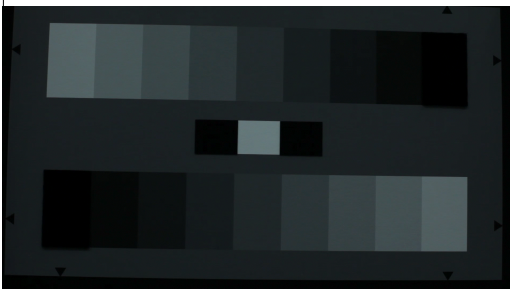
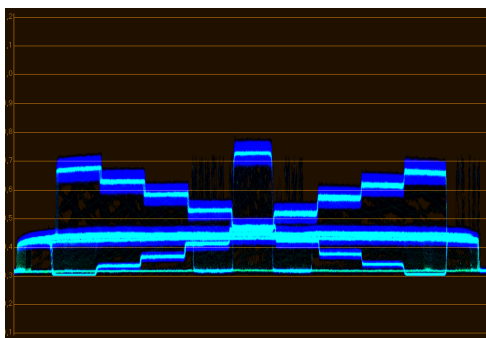




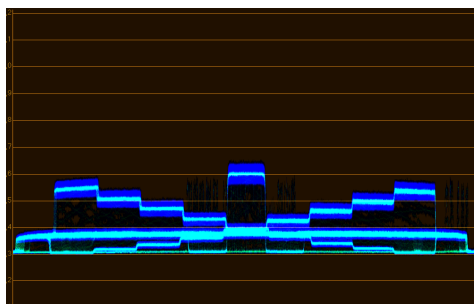
Blende 4



Blende 5,6



Blende 8



Esser-Testtafel TE 233

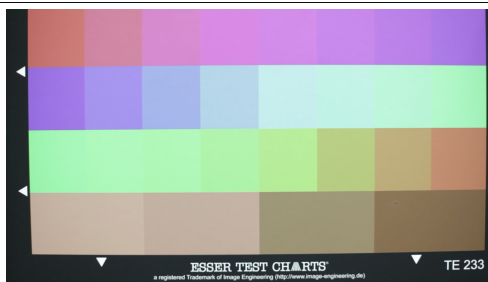
Helligkeit: 600lx

eingestellte ISO(ASA)-Äquivalenz: 320

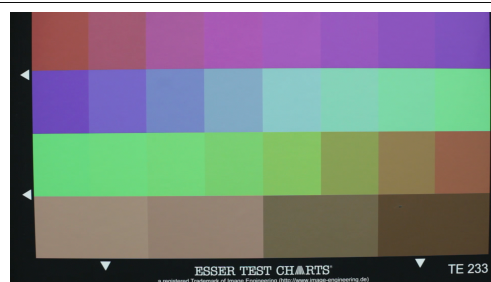
Farbtemperatur: 3200K (manuell an Kamera eingestellt)

Framerate: 25fps

Brennweite 50mm



Blende 2



Blende 2,8



Blende 3,5 (optimale Belichtung)



Blende 4

Esser-Testtafel TE 234

Helligkeit: 600lx

eingestellte ISO(ASA)-Äquivalenz: 320

Farbtemperatur: 3200K (Manuell an Kamera eingestellt)

Framerate: 25fps

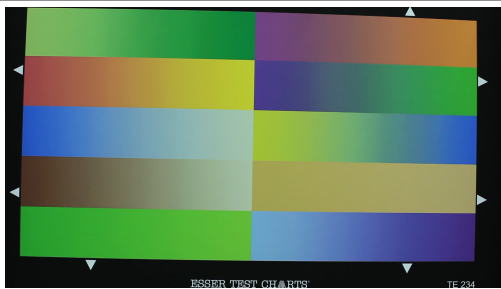
Brennweite 50mm



Standard



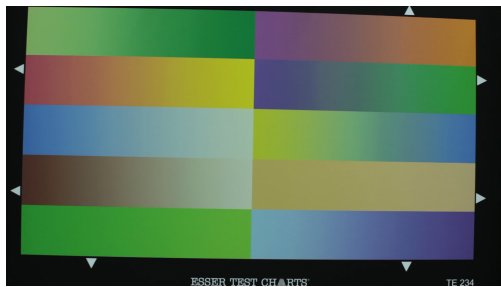
Porträt



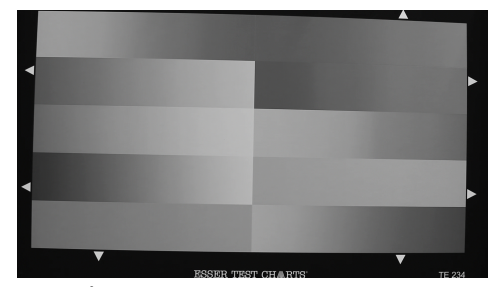
Landschaft



Neutral



Natürlich



Monochrom

Esser-Testtafel TE 148

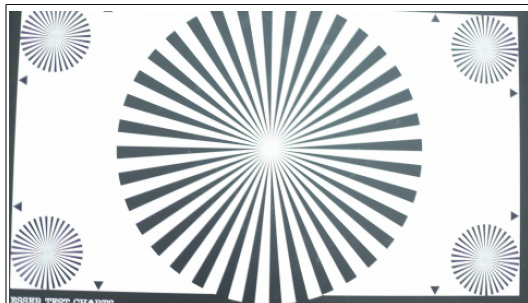
Helligkeit: 600lx

eingestellte ISO(ASA)-Äquivalenz: 320

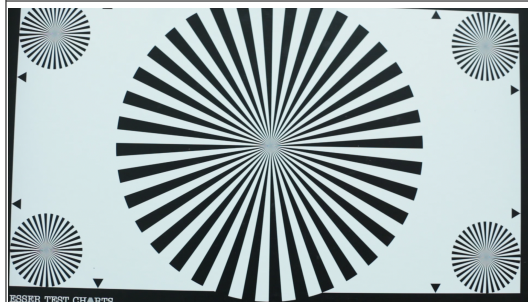
Farbtemperatur: 3200K (Manuell an Kamera eingestellt)

Framerate: 25fps

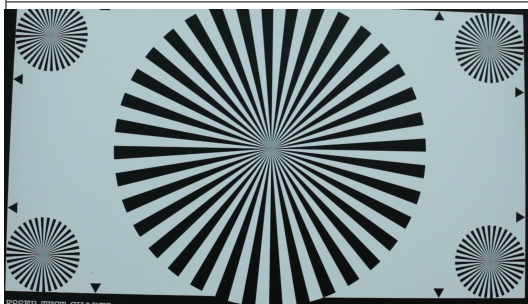
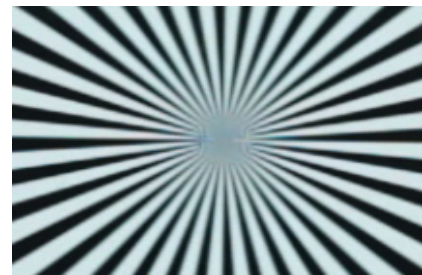
Brennweite 50mm



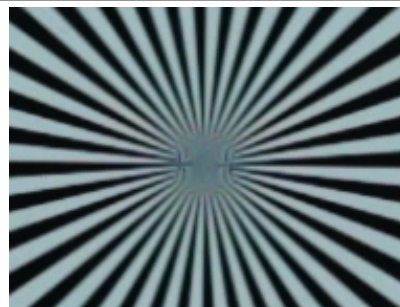
Blende 1,4



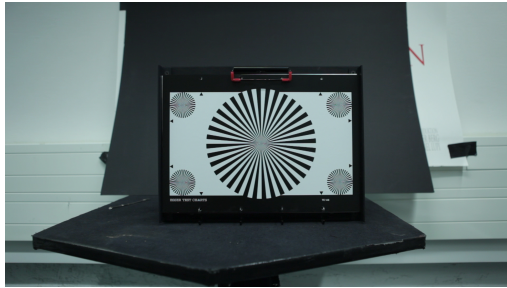
Blende 2,8



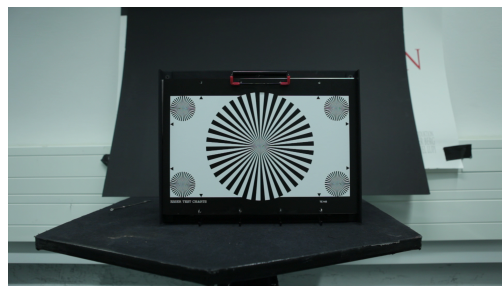
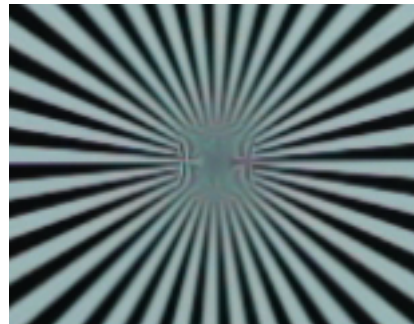
Blende 4



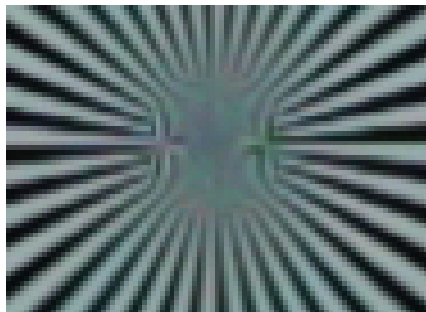
Veranschaulichung Variofokalobjektiv mit Esser-Testtafel TE 148



In Telestellung fokussiert, dann aufgezogen



In Weitwinkelstellung mit Displaylupe scharf gestellt



Lensflare durch UV-Filter



Links neben der Laterne tritt deutlich ein Lensflare in Form eines grünen Punktes auf. Da es sich um einen vertikalen Schwenk handelt ist dieser Punkt auch „animiert“ und besonders auffällig. Das kleine Display der 5D ist zur Beurteilung solcher Bildstörungen oft ungeeignet.

Video-Preset am Beispiel einer geplanten Interview-Situation

Zunächst wird die Kamera auf den Modus M gestellt, um alle Einstellungen individuell und unabhängig voneinander vornehmen zu können. Danach wählt man eine Blende 4, die gewährleistet, dass der Interviewpartner nicht bei kleinen Bewegungen in die Unschärfe gerät. Als Belichtungszeit (Shutter) kann zunächst 1/90 Sekunde gewählt werden, da man bei einem Interview meist eine gute Ausleuchtung vornimmt. Der ISO-Wert sollte entsprechend herunter geregelt werden auf etwa 320, damit das Rauschen des Sensors minimiert wird. Wenn die Scheinwerfer bekannt sind, kann man auch schon die entsprechende Farbkorrektur justieren. Das geschieht entweder über einen manuellen Weißabgleich oder über die Eingabe der Farbtemperatur in der Kamera. Die letztere Variante bietet den Vorteil der flexibleren Korrektur am Set. Als Fokussierungsmethode kann der Modus Gesichtserkennung gewählt werden, da bei Interviews meist nur eine Person abgebildet wird. Manuelles Nachfokussieren ist immer möglich. Der Ton wird im Interview meist über ein externes Mikrofon aufgezeichnet. Damit kann auch die manuelle Audiopegelung auf den entsprechenden Eingangswert (sollte aus vorhergehenden Tests bekannt sein) eingestellt werden.

Steadycam:

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die 5D mit der hochschuleigenen Steadycam ABC Handyman 100 getestet. Bis auf erwähnte Probleme bei der Befestigung an der Verschiebeplatte funktionierte das Zusammenspiel sehr gut.



Quelle: eigene

DSLR-Dolly:

Bei den kleinen DSLRs ist die Konstruktion eines Dollys sehr viel preisgünstiger als für große Kameras.



Quelle: Kessler (www.kesslercrane.com)

DSLR-Rig:

Hier ist eine 7D in ein Rig mit Griff, Kompendium, Follow Focus und Zoomhebel verbaut.



Queller: slashcam.de

RED Scarlet:

Die RED Scarlet ist im Verkauf des US-amerikanischen Kameraherstellers noch nicht verfügbar. Interessant ist, dass RED den Weg von der digitalen Filmkamera zum multifunktionalen Gerät geht.



Quelle: red.com

Hinweise zur beigefügten Daten-DVD

Bei der beigefügten DVD handelt es sich um **nicht** um eine spielbare DVD. Die Videodaten liegen im mov-Containerformat im Apple Intermedia Codec in voller HD-Auflösung vor. Um die Videos störungsfrei abzuspielen, sollten sie zunächst auf eine Festplatte kopiert werden, da die Lesegeschwindigkeit des DVD-Rom-Laufwerks nicht ausreichen könnte.